



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guida per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

- + *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.
- + *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.
- + *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.
- + *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertarti di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da <http://books.google.com>

OVERSIZE

GC

211

.C5

1856

HARVARD UNIVERSITY



**GEOLOGICAL SCIENCES
LIBRARY**

Oct. 1857

Transferred to
CABOT SCIENCE LIBRARY
June 2005

HARVARD UNIVERSITY LIBRARY.

Deposited in the Library of the Museum of
Comparative Zoölogy.

Under a vote of the Library Council

May 27, 1901.

JULY 1, 1901.

HARVARD UNIVERSITY



GEOLOGIC
LIB

Transferred to
ST SCIENCE LIBRARY
June 2005

—

1

2

3

5708.56

Lialdi, Alessandro.

CENNI
SUL MOTO ONDOSO DEL MARE
E
SULLE CORRENTI DI ESSO

Harvard College Library.
from the Author.

Rome. 1857.

CENNI
SUL MOTO ONDOSO DEL MARE
E
SULLE CORRENTI DI ESSO

CENNI SUL MOTO ONDOSO DEL MARE

E

SULLE CORRENTI DI ESSO

PEL

COMM. ALESSANDRO CIALDI

SOCIO ONORARIO DELLA PONTIFICIA ACCADEMIA DEI NUOVI LINCEI,
DELL'ATENEO DI VENEZIA E DI QUELLO I. R. ITALIANO; CORRISPONDENTE
DELLA R. ACCADEMIA ECONOMICO-AGRARIA DEI GEORGOFILI, DI QUELLA
DI BELLE ARTI DELLA SOCIETÀ REALE BORBONICA NELLA CLASSE DI
ARCHITETTURA, E DI QUELLA AGRARIA DI PESARO; SOCIO FONDATORE
DEL PONTIFICIO ISTITUTO STATISTICO AGRARIO E D'INCORAGGIAMENTO;
SOCIO RESIDENTE E GIÀ SEGRETARIO DELLA TIBERINA EC.

*Dobbiamo cominciare dall'esperienza, e per
mezzo di questa scoprirne la ragione. Questo
è il metodo da osservarsi nella ricerca dei
fenomeni della natura.*

LEONARDO DA VINCI.

ROMA
TIPOGRAFIA DELLE BELLE ARTI

1856

c

~~Dr 87~~

geol 5708.56

~~150~~
~~25~~

FOLIO

GC

211

.45

1856

1857 Oct 2

Gift of the Author

Alessandro Gualdi

of Rome.

Memoria inserita negli *Atti dell' Accademia pontificia*
de' Nuovi Lincei. Tomo VI.

GEOLOGICAL SCIENCES
LIBRARY

APR 11 1986

HARVARD UNIVERSITY

ALL' ALTEZZA
DI
MOHAMMED SAÏD PASCIA
VICERÈ DI EGITTO

ALTEZZA

Un recente caso mi ha incoraggiato ad umiliare all' ALTEZZA VOSTRA alcuni esemplari della scrittura che ho l'onore di unire alla presente.

Il mio nome sarà da V. A. dimenticato perchè fu da Voi conosciuto nel momento che secondavate gl' impulsi del Vostro cuore con un'azione generosa.

Nel giorno 7 novembre 1840 tre legni latini nell'accostarsi al vecchio porto di Alessandria vennero da un Consiglio di guerra egiziano dichiarati per macchine incendiarie e però condannati ad essere colati a fondo. Difatti tre bastimenti che passavano come inosservati dalla squadra inglese che bloccava il porto, militarmente manovrati, rimorchiando l'un l'altro il meno veliero e coperti di bandiera inusitata, poterono ingerir sospetto nei tempi che correvano. Ma Voi, allora contrammiraglio, vi offriste ad uscir dal porto con un palischermo per riconoscere da vicino il vero essere di quelli; e così ravvisaste tre pacifici navigli pontifici da me comandati e costì diretti per ricevere le preziose colonne di alabastro di cui il munificentissimo PADRE VOSTRO facea dono a GREGORIO XVI per decorarne la rinascente Basilica ostiense.

Questa VOSTRA prudente e coraggiosa risoluzione adunque salvò la convenienza di quel Consiglio, e rimosse da me e da' miei compagni un gravissimo ed ignorato pericolo.

Dopo quella congiuntura io non ho avuto più l'onore di far giugnere al VOSTRO orecchio il nome mio: ora la sorte me ne porge l'occasione, ed io l'afferro, perchè soprattutto mi gode l'animo di manifestar pubblicamente il sentimento di gratitudine che fin da quel momento Vi professai e Vi professo tuttora.

Era già da qualche mese stampata la sudetta mia scrittura, quando l'illustre professor Paleocapa, membro della Commissione scientifica per il taglio dell'istmo di Suez, ha pubblicato alcune magistrali considerazioni sul protendimento delle spiagge, applicate alla edificazione di un porto nel golfo di Pelusio. La specialità della materia da me trattata mi ha obbligato a dettare un'Appendice al mio primo scritto, e da questa sono stato poscia indotto a toccare la questione del nuovo porto egiziano.

Siffatto argomento, avendomi suggerito alcune idee che, se mal non mi appongo, credo meritevoli di esame, quantunque secondarie all'interesse della più grande opera del nostro secolo,

mi ha spronato a pregare l'A. V. affinchè si degni ordinare che il mio lavoro sia sottomesso al savio giudizio della menzionata Commissione; semprechè per altro non fosse dall'A. V. imputato il mio desiderio a presunzione soverchia.

Conosco che da taluno potrebbe la mia preghiera esser qualificata per troppo ardita; ma chi ha avuto la fortuna di avvicinar solo per un istante l'A. V. può con tutto il fondamento sperare di essere scusato.

Con la quale speranza e con ossequio profondo mi do l'onore di dichiararmi,

Di VOSTRA ALTEZZA,

Roma 6 ottobre 1856

Umilissimo, Devotissimo ed Obbligatissimo Servitore

ALESSANDRO CIALDI

I N D I C E

LETTERA a Sua Altezza Mohammed Saïd Pascià vicerè di Egitto.	pag.	v
PROTESTA dell'autore.	»	xi
RAPPORTO dell'accademia pontificia de' nuovi Lincei.	»	xv

INTRODUZIONE

Proemio. — Teorie intorno al moto ondoso del mare ed alle correnti di esso : — Scuola francese — inglese — spagnuola — germanica — italiana. — Risultamento.	»	i
--	---	---

PARTE I.

Movimenti delle molecole nella massa che compone l'onda. — Erroneo principio da cui sono dedotti i fenomeni delle onde. — Determinazione dell'onda in alto mare. — Due distinti casi intorno alla costituzione e moto di essa : — Caso primo — prove : — Caso secondo — prove. — L'onda presso il lido. — Reazione del fondo del mare. — Altro fenomeno nella massa ondeggiante. — Origine e fine dell'onda: — Suoi diversi effetti — esempi per ciascuno di essi. — Altezza, lunghezza e velocità dell'onda. — Profondità cui si comunica l'azione di essa — fatti in proposito. — Potenza dell'onda — esperienze.	»	20
---	---	----

PARTE II.

Correnti. — Risultamento delle ricerche da me fatte su di esse. — Dottrina del Montanari: — In che consiste il difetto di essa. — Maree. — Moto litorale — sua velocità e zona. — Forza necessaria per ismuovere e trasportare i detriti : — Inefficacia della corrente-marea e della radente considerate in se stesse — prove. — Prevalenza de' flutti sul movimento di trasporto. — Le correnti si debbono avere a calcolo — perchè. — Rilevanti effetti di esse quando sono aidate dai flutti — esempi.	»	75
--	---	----

CONCLUSIONE.	» 105
CATALOGO per ordine alfabetico degli autori e delle opere loro , citati in questa Memoria. Appresso ad ogni citazione è riportata, fra pa- rentesi, la pagina della Memoria stessa.	» 109
RAPPORTO dell'I. R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti. . . .	» 121
SCHIARIMENTI del Cialdi all'illustre I. R. Istituto veneto.	» 127
SECONDO RAPPORTO dell'I. R. Istituto di scienze, lettere ed arti. . . .	» 135

APPENDICE

Dottrina del Paleocapa sul protendimento delle spiagge — contraria alla mia: — Proposizioni di lui — fatti che le contraddicono. — Suo giudizio per difendere dagl' insabbiamenti un porto nel golfo di Pelusio. — Perchè, partendo da opposti principj, ci troviamo quivi d'accordo. — Proposta di nuovo espediente per ritardare notabil- mente i nocivi effetti delle sabbie.	» 139
Errori. — Correzioni ed aggiunte.	» 151

PROTESTA DELL'AUTORE

Tutti i nocchieri, per quanto mai di cautela, di vigilanza e diligenza adoprino nel tracciare e correggere la rotta de' loro bastimenti, sogliono trovare errore ben grave nel punto di stima. Questo fatto m' indusse a credere che oltre agli elementi già noti ve ne dovesse essere qualche altro che , ignorato o misconosciuto, fosse la causa precipua della suespressa anomalia. Mi diedi allora a pensare che il moto ondoso del mare potesse non lievemente contribuire alla differenza fra il punto astronomico e quello stimato: ma non sapeva rendermene ragione, nè in altri trovava soddisfacente ammaestramento. Anzi mi sentiva dagli stessi maestri consigliato a dirigere più assai le mie investigazioni sul migliore uso possibile del solcometro, della bussola e delle correnti propriamente dette, di quello che sul moto ondulatorio della massa liquida.

Riflettendo inoltre alla dottrina degl' insabbiamenti de' porti e de' lidi mi sembrava vedervi piuttosto un effetto prodotto dai marosi regnanti che dalle correnti littorali, come si dettava nelle scuole d'idraulica.

— La teoria seguita, non ammettendo mai moto di reale trasporto nelle molecole che costituiscono l'onda, nè potenza in esse di agire a grandi profondità, non permette d'imputare ai flutti il mal'esito della navigazione di stima, e la colmata de' porti —. Le lunghe serie di fatti qui raccolti, spero che mostreranno, nel maggior numero di casi, erronea cotesta teoria.

Il mio ardire adunque si spingerebbe oggi alla proposta di dottrine non ancora ricevute nelle scuole, ed esse toccano i confini non solo dell' arte nautica, ma anche quelli della scienza idraulica.

E perchè non si creda in me soverchia presunzione nel voler discorrere d'idraulica mentre io professo la marineria, mi fo lecito manifestar l'ordine successivo che mi condusse allo studio di quest'altra utile e bella parte delle matematiche.

Nel 1841 io tornava dalla onorifica ed istruttiva spedizione in Egitto ove ebbi agio di vivere per ben sette mesi lunghesso il corso maestoso del Nilo, per meglio di ottocento miglia salendo e discendendo dal mare alla prima cateratta, occupandomi più specialmente, con gli altri ufficiali a me affidati, dell'idrografia di quel classico fiume; e fu allora che per proposizione dell'emo cardinale Antonio Tosti io veniva destinato a partire per Francia e per Inghilterra ad oggetto di commettere ove meglio credessi i tre primi nostri piroscafi ed una macchina effossoria a vapore pel Tevere. Nella quale circostanza la s. m. di GREGORIO XVI si degnò di ordinarvi puranco di visitare e studiare in detti regni quelle opere idrauliche che potessero poi convenire al nostro fiume e ai nostri porti. Così io mi trovai nella fortunata posizione di potermi regolarmente occupare della scienza e del governo delle acque, i cui rudimenti non mi erano affatto ignoti. L'ufficiale lettera di raccomandamento al Nunzio apostolico in Parigi mi pose a contatto con i ministri di Francia, e mi procurò il vantaggio dell'assistenza de' Beutemps-Beaupré, de' Boucher, de' Bernard, de' Raffenau de Lile e di altri egregi ingegneri, come pure nell'Inghilterra de' Beaufort, de' Brunel, de' Rennie, e mi procurò eziandio il comodo di esaminare le più grandi opere idrauliche di quei vasti ed intraprendenti paesi: assistenza e comodità per me molto più utili quando, in una seconda volta, traversai l'intera Francia, dall'Oceano al Mediterraneo, per fiumi e per canali conducendo a Roma i piroscafi in Londra costruiti.

Da siffatte opportunità, e per assoluto obbligo di corrispondere meglio che per me potevasi all'ordinazione Sovrana, la quale si estese anche alla compilazione di un libro *sulle barche a vapore e sul Tevere*, nacque in me la cara necessità di dedicarmi più assiduamente allo studio delle idrauliche discipline cui già per natura mi sentiva inclinato.

Si aggiunse poi che al cader del 1842 io ebbi il bene di accompagnare il professor Brighenti negli studi da lui fatti sul luogo in Fiumicino per or-

dine del Governo ad oggetto di suggerire i provvedimenti atti a correggere la cattiva condizione di quel porto a canale; e che nel 1853 potei per la terza volta rivedere, nei sopranominati regni, quelle opere ed altre posteriori alla prima visita, nella occasione che il regnante Sommo Pontefice si degnò volere che andassi a ricevere e quindi condurre presso di noi due nuovi piroscafi pur essi in Londra costruiti.

Finalmente la mia posizione di ufficio come direttore della navigazione del Tevere per nove anni occupata, mi somministrò l'occasione di discernere ciò che era più necessario allo studio dell'idraulica; al che inoltre contribuirono molto gli autorevoli consigli e validi incoraggiamenti favoriti dal mentovato Brighenti, dal Venturoli, dal Cavalieri, dal Bertolini, dal Natali, dal Folchi, dal Provinciali, dal Lombardini, dal Casoni, dal Manetti, dal Francolini, dal Paoli e da altri maestri, ai quali professerò sempre viva gratitudine.

Dopo tutto ciò non farà più maraviglia come io m'induca a parlare d'idraulica, e solo potrebbe darmisi carico se io, dopo tanti savi consigli, dopo sedici anni di studio nei più dotti libri e nelle più grandi opere eseguite sui fiumi e sui mari, non mi fossi alcun poco avanzato in essa scienza.

Negli altri miei scritti ho io sempre domandato indulgenza ai lettori per i pensieri, le osservazioni e per lo stile; in questo non credo essere obbligato a fare altrettanto, perchè nulla ho trascurato per dare ad esso tutta quella perfezione di cui sono capace. E però i difetti che saranno per rinvenirvisi non dovranno essere attribuiti a mia colpa, dappoichè non dee dirsi colpevole chi procura a tutt'uomo di fare il meglio che può. Tuttavia nel gran numero delle questioni che mi si sono affollate dinanzi nello svolgere questo complicatissimo argomento, essendovene di quelle che meritano più profonde ricerche e nuovi sforzi per ridurle a segno di essere evidentemente risolte e completamente abbracciate, non ho mancato nel corso della trattazione di domandare per esse al lettore compatimento ed istruzione.

ACCADEMIA PONTIFICIA DE' NUOVI LINCEI

IDRAULICA E NAUTICA.

RAPPORTO

Sulla memoria presentata dal sig. comm. Alessandro Cialdi, relativa al *Moto ondoso del mare ed alle correnti di esso* (1).

(Commissari, signori professori Niccola Cavalieri San-Bertolo, Paolo Volpicelli, Giuseppe Ponzi, P. Angelo Secchi relatore).

Il sig. commendator Alessandro Cialdi ben noto non meno pei suoi viaggi che pei suoi scritti sopra diversi punti di idrografia nautica, nostro socio onorario, ha presentato all'accademia una importante memoria sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso, desiderando che l'accademia stessa ne dia il suo giudizio. Avendo studiato questo lavoro, esso ci è sembrato interessante per molti pregi non ordinari a trovarsi uniti, vale a dire una estesa cognizione degli scrittori che hanno trattato il soggetto su cui scrive, ed una consumata pratica del mare, e studio diretto dei fenomeni di cui parla.

Lo scopo della memoria è di stabilire, se nel moto ondoso del mare siavi soltanto il moto di vibrazione come nei sifoni pieni d'acqua, o al più orbitale come nelle ondicelle generate sui liquidi quieti, ovvero se debbasi ammettere anche moto di trasporto su tutta la superficie. La questione è altamente importante non solo in teorica, ma molto più in pratica: giacchè esistendo tal moto di trasporto dovrà tenersene conto dai navigatori, e correggersi la rotta del bastimento, e ciò non facendosi andrebbe incontro a gravi errori e pericoli. Essa è inoltre interessante per le costruzioni de' porti per trovare le vere cause degli interrimenti ec.

Trattandosi di una materia tanto importante era credibile che molti autori l'avrebbero studiata e trattata di proposito, e che con ben diretto studio

(1) Questo rapporto fu letto ed approvato dall'accademia pontificia de' nuovi Lincei nella sua tornata del 1 luglio 1885. *Atti dell'accademia*, tom. VI. pag. 183.

dovesse esser già stata sciolta la questione. Sfortunatamente però non è così, come apparisce dal quadro che l'A. premette alla sua memoria, ove ha raccolto gli studi fatti finora sul suo argomento. Intenti i matematici a comparare le onde del mare alle vibrazioni dell'acqua ne' sifoni o ai moti orbitali delle molecole, poco si sono curati di considerarvi le modificazioni importanti che i venti e lo stato del mare vi producono, perchè non possono entrare nelle loro formole. Lo studio sperimentale poi dei fisici è stato fatto per lo più in canali artificiali o pelaghetti ristretti, e da queste esperienze di gabinetto poco più può concludersi che dalle formole anzidette. I piloti in mare sanno molte cose per pratica, ma sconnesse e non formolate in principio certo: v'è dunque gran varietà d'opinioni su questo soggetto. Chi ammette sempre il moto di trasporto nell'onda, e chi non lo ammette mai: chi lo ammette nello strato inferiore di essa quando trova inciampo, e chi solamente quando l'onda è infranta. Il nostro autore dichiara formalmente la sua opinione in questi termini: « Ritengo che moto di trasporto esista sempre nelle tempeste, qualunque sia la profondità del mare; e che esista pure nei tempi moderati, solamente però dove lo sviluppo inferiore, o laterale, o di fronte del flutto trova inciampo, qualunque sia la distanza dal lido. Ritengo che esso si comunichi a tutta la massa che costituisce il flutto, quando essa non può liberamente svilupparsi, e che la sua azione sia massima sul fondo del mare e minima alla superficie, quando l'acqua è relativamente poco profonda e l'onda non è franta. Ritengo in fine che i suoi effetti siano più o meno apprezzabili in ragione della natura e forma dell'ostacolo incontrato, del volume della massa ondeggiante e della velocità di propagazione di essa. Questi effetti debbono inoltre divenire molto complicati, e produrre tutta quella serie di fenomeni, e potentissimi, che vediamo verificarsi nelle coste, nei moli e nelle spiagge ».

La brevità di un rapporto non ci permette che di toccare di volo le prove che l'A. dà del suo assunto. Esso dunque fa riflettere primieramente alla differenza che passa fra le onde considerate dai matematici generate in un'acqua tranquilla, e le onde del mare in quanto alla loro origine. Le prime prodotte dalla caduta di un corpo hanno massimamente un moto prevalente verticale, le seconde sono prodotte dal moto del vento inclinato ordinariamente di 18° all'orizzonte. La velocità superficiale dell'acqua nell'onda è resa manifesta dal frangersi dei piccoli flutti sopra le grandi onde: il che produce il mare così detto a pecorelle. Questo però non vuol dire, come osserva l'A., che il moto principale non sia di ondulazione: chè se la super-

ficie del mare avesse la velocità che ha la propagazione dell' onda , non vi sarebbe arte che potesse resistere alla sua forza , nè si potrebbe navigare contro l' onda; ma solo che devesi tener conto dei trasporti che l' adesione specialmente dell' aria coll' acqua produce alla superficie del mare. Sono troppo noti i fatti che provano una tale adesione, e come possa essa impedirsi coll' olio, e come la formazione dei ghiaccioli e i prati galleggianti la impediscano in modo che, secondo l' A., per tal ragione possono le masse erbose, che formano i prati galleggianti dell' Atlantico , venire difficilmente disperse , e così conservare un posto fisso.

Queste ragioni congiunte a quanto ha in pratica osservato l' A. colla propria esperienza lo conducono alla conseguenza , che in tempo forzato non solo presso al lido, ma anche in alto mare, il moto ondulatorio è animato da moto reale di trasporto.

Un tal moto però cessa in alto mare quando è cessato il vento: e contro l' opinione di de Tesson mostra l' A. che nei casi di vento mite sino a quello di forza ordinaria , il moto delle onde in alto mare non può esser sensibile, come, fra gli altri esempi, lo prova l' uso de' marinari di trovarsi bene non facendone conto.

Ma presso il lido la cosa va altrimenti: l' onda sviluppa allora un altro fenomeno, la cui analisi è uno dei principali soggetti dell' attuale memoria. Questo è un vero moto di trasporto verso terra , che non considerato può condurre a perdersi i bastimenti.

Prima di entrare a dare la ragione del fatto, vediamo quale prova egli arreca della sua esistenza.

Oltre l' autorità di vari scrittori che hanno preteso con ciò provare l' altro eccesso , che cioè tal moto di trasporto esista in alto mare in ogni caso , egli arreca l' osservazione dei forti dislivelli prodotti nelle masse d' acqua per l' azione dei venti; di più la sua propria esperienza e l' altrui, secondo la quale in diversi paraggi diviene affatto impossibile allontanarsi da terra anche bordeggiando. Questo moto è sì forte , che spesso può essere messo a profitto per entrare in porto anche con vento contrario. Un' altra prova risulta dalla persuasione che hanno i marinari anche più rozzi , tanto delle coste nostre quanto di alcuni punti della Sicilia , che in certi casi la corrente *tiri in terra*, o che la *calamita tirò le navi*. Finalmente i naufragi e le perdite avvenute in molti navigli, nei quali non può rimproverarsi negligenza dei capitani, e ciò non solo nel Mediterraneo, ma anche nell' Oceano, mostrano che vi era qualche

nemico occulto dal quale sono stati fatalmente traditi e non hanno potuto salvarsi. Ora questo non poteva essere, secondo l' A., che il *flutto-corrente*. Nè un tal moto ha luogo solo quando l'onda è franta, ma anche prima che essa si franga ed a notabile distanza dal lido a grande profondità. Sono prova di ciò i fatti notissimi, che i corpi gettati in mare e gli arredi da pesca posti a grande distanza dal lido trovansi portati alla spiaggia: similmente i trasporti di grossi sassi presso le coste e i moli provano che tal moto a mare grosso si estende a non piccola profondità e vi ha forza considerevole. Il fatto adunque pare fuori d'ogni dubbio, ma resta a darne plausibile teoria a fine di poterne studiare le leggi. Questa non pare all'A. che esser non possa altro, che la influenza del fondo in quanto che allora l'onda, per la resistenza che da esso incontra, diminuisce la sua velocità di propagazione, e il moto verticale viensi a trasformare in orizzontale, per cui le particelle dell'acqua si trasportano in massa verso il lido. Così l'onda ordinaria si comporta come avviene nella grande onda-marea, che in alto mare non produce sensibile trasporto, benchè si propaghi con velocità di 500 a 600 miglia l'ora, ma produce violento e rapido moto di trasporto presso il litorale.

Egli è così condotto ad analizzare l'influenza dei fondi, e quindi la questione della profondità alla quale si propagano le onde medesime.

Questa dai fatti raccolti dall'A. risulta maggiore di quella che potrebbe pensarsi, arrivando spesso a 200 e più metri di profondità. Proporzionale alla profondità è la forza, con cui il flutto lavora sott'acqua, sapendosi come massi enormi di pietre sono ridotti ben presto a piccole breccie. I molti fatti citati dall'A. ne danno un'idea assai adeguata.

Da tali effetti si conosce che il flutto-corrente può concorrere colle correnti propriamente dette ad interrire i porti. Il nostro A. si mette quindi a cercare tali effetti, prendendo in considerazione speciale la *radente* del Mediterraneo. Tende egli a provare, che dai flutti anzichè dalle correnti propriamente sono interriti i porti. La forza della corrente nei nostri litorali può ammettersi come minor di $\frac{1}{3}$ di miglia l'ora, tranne presso qualche promontorio ove è stata dall'A. trovata sino di un miglio. La sua velocità è minima nel fondo, come appare dalla limpidezza dell'acqua e dal fatto generale di tutte le correnti anche fluviali, le cui velocità diminuiscono colla profondità. Come scema la velocità presso al fondo, così scema anche presso le sponde, siccome ben s'accorse e mise ingegnosamente a profitto l'A. nella discesa del Nilo contro vento: giacchè avendo egli, per aumentare la forza

della corrente del fiume, stesa una vela sott'acqua raccomandata al bastimento, con tale espediente non solo potè vincere il vento, ma anche senza fatica riuscì a sortire dagli scogli della prima cateratta colla massima facilità, e navigare sempre nel miglior canale del fiume stesso.

Da ciò raccoglie l'A. il modo contrario di agire de' flutti e delle correnti; quelli sono relativamente più forti in prossimità della spiaggia, queste invece lo sono di meno; in quelli cresce l'azione di trasporto all'assottigliarsi del fondo, in queste invece diminuisce. Egli osserva come i porti anche esposti alla corrente (p. e. quello di Ancona), ma riparati dal fiotto dominante, non s'interiscono; ed al contrario presto si colmano quelli che sono esposti al fiotto (p. e. d'Anzio). Sicchè risulta che i flutti portano le materie anche contro la corrente, e che essa ha ben poco effetto sui trasporti di quei tanti materiali che vengono a colmare i porti. Sicchè la direzione regnante dei flutti deve prendersi in considerazione più di quella delle correnti, e ciò con tanto maggior ragione quanto che i venti stessi hanno non poca influenza su quelle stesse correnti.

Ammettendo tal moto di trasporto nei flutti non può esser dubbia la necessità di tenerne conto, e di studiarlo con quelle stesse premure con cui si studiano gli altri fatti in idrografia e nella nautica. Sarebbe quindi necessario il fare perciò uno studio particolare sul moto di trasporto in alto mare in casi di burrasca, e presso le coste anche in tempi moderati, onde riconoscere quando comincia a manifestarsi quel trasporto, a quale profondità giunga un tal moto, e quali ne siano gli effetti, per così poterne formar tavole da correggere la rotta del bastimento.

Gli elementi che possono dar lume in questa materia sono l'analisi dei giornali di navigazione, la tinta delle acque per l'agitazione de'fondi, la raccolta de'casi e delle disgrazie avvenute in certi paraggi più pericolosi. Nulla sarebbe più facile di ciò conseguire, aggiungendo anche questo punto agli altri inclusi nell'istruzione pubblicata dalla conferenza di Bruxelles, e adottata dal ministero del commercio degli stati pontifici come norma da seguirsi da quei naviganti che aspirano ai premi proposti dal governo medesimo.

Dopo avere così analizzato il lavoro del sig. Cialdi, e veduta la diligenza con cui sono raccolti i fatti, la maniera chiara e lucida e la giusta critica con cui sono esposti, e come da essa vien messa a profitto in una materia di tanta importanza non meno una sana teoria che una lunga e studiosa pratica, la commissione è di sentimento che l'accademia voti i de-

biti elogi e ringraziamenti all' autore , procurando eziandio che questo suo lavoro sia pubblicato negli Atti della medesima.

Vista poi l' importanza del soggetto , la commissione stessa crede non inopportuno di proporre all' accademia di prendere in considerazione il progetto del sig. Cialdi, cioè di raccomandare con apposito invito lo studio di questa materia alla sudetta conferenza di Bruxelles, e di fare istanza presso il ministero del commercio onde lo studio di un tal moto sia promosso fra i nostri marinari.

L' accademia ha approvato le conseguenze di questo rapporto.

INTRODUZIONE

PROEMIO. — TEORIE INTORNO AL MOTO ONDOSI DEL MARE ED ALLE CORRENTI DI ESSO : —
SCUOLA FRANCESE — INGLESE — SPAGNUOLA — GERMANICA — ITALIANA. — RISULTAMENTO.

1. **N**ella parte idrodinamica de' miei studi relativi al porto di Livorno (1) io prometteva di tornare sul moto ondoso del mare e sugli effetti da esso prodotti: ebbi in animo di paragonare questi con l'azione delle correnti e di dedurre dai risultati del confronto norme e regole opportune alla conformazione, alla costruzione ed alla conservazione de' porti. Promessa superiore alle mie forze, ma che, fatta, bisogna mantenerla a costo di rendere vie più manifesta la propria insufficienza. Ed in vero, fra' molti ostacoli che in me si oppongono alla esecuzione di un lavoro pregevole in questo tema, evvi pur quello dell'attuale stato della scienza, il quale da Ferdinando de Luca è nei seguenti sentenziosi termini compreso: *La conoscenza delle correnti, delle maree, delle onde, del terribile affratellamento de' flutti; la notizia della resistenza de' materiali, che s' impiegano nelle costrutture idrauliche, sono studi appena abbozzati.*

Ciò premesso, entro in materia, cominciando dal delineare un quadro sul concetto che mi sono io formato del modo altrui d' intendere la costituzione delle onde, gli effetti di esse, e quelli delle correnti. Nell'estratto delle opere prese ad esame, che rappresenta il componimento del quadro, ho avuto in mira di riportare le opinioni manifestate sugli argomenti medesimi dagli autori distinti che mi precedettero, senza punto emettere in esso la mia opinione. In questa guisa credo che il lettore potrà in seguito più facilmente giudicare le mie proposizioni.

(1) *Risultati di studi idrodinamici, nautici e commerciali sul porto di Livorno, e sul miglioramento ed ingrandimento del medesimo.* In 8.^o tipografia Granducale. Firenze 1853. Ristampati negli *Annali delle opere pubbliche e dell'architettura*, opera periodica compilata a cura di G. Rossi, N. de Rosa e L. Carrieri ingegneri del corpo di acque e strade. Napoli anno 3.^o 1853; e nel *Giornale Arcadico*. Roma, volume CXXXIX, 1855.

2. Alcuni de' più illustri scienziati hanno procurato di sottoporre i fenomeni delle onde all'analisi matematica; Newton, Bouguer, Juan, Laplace, Lagrangia, Cauchy, Poisson, Bidone e Plana vi hanno diretto il loro profondo sapere; ma le teorie loro sono fondate sopra *des suppositions sans les quelles* (come dice lo stesso Poisson) *le problème deviendrait si compliqué qu'on n'en pourrait espérer aucune solution*. E Bidone, se ha voluto veder confermata la teoria di Poisson dagli esperimenti, ha dovuto artificialmente sottoporre questi a quella; e per chi volesse farne degli altri avverte di non obbliare alcuna delle condizioni che essa esige, altrimenti otterrà dalle sue esperienze risultati differentissimi da quelli che realmente hanno luogo, quando le prescritte condizioni sono adempiute. « La natura, nota Emy, ha però smentito quelle supposizioni »: nulladimeno gli sforzi di questi sommi han servito ad estendere il dominio dell'analisi trascendente, come osserva il Plana, ed a mostrare la gran difficoltà di sottomettere al calcolo il moto ondoso del mare siccome ogni altro moto de' fluidi.

Non sono molti anni che tutti i trattatisti del moto delle onde marine ritenevano, ch'esso fosse sempre ed in ogni luogo interamente apparente; solo LEONARDO DA VINCI faceva eccezione a questa dottrina assoluta, perchè aveva riconosciuto che l'*impeto*, ossia la propagazione del moto ondoso, è *molto più veloce che l'acqua*. Ma nell'ammettere con ciò un moto nell'acqua anche nel verso della propagazione, cioè un reale trasporto di massa liquida, avverte però che esso non sempre esiste, anzi stabilisce, che *molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione, e l'acqua non si muove dal sito*. Oggi da un certo numero si ammette moto di trasposto nell'onda; ma chi lo crede sempre esistente e in tutta la massa che compone l'onda, chi lo vuole nello strato superiore soltanto, e chi lo assicura nello strato inferiore e solamente in alcune configurazioni del fondo.

3. Sul giuoco delle molecole dell'acqua, nella formazione e sviluppo delle onde, vi è non minore discordanza di pareri. Taluni con de la Coudraye e Bremon tier ammettono *le mouvement vertical*. Il primo osserva, che le molecole delle onde non fanno che abbassarsi ed elevarsi *à peu près verticalement*; l'altro in modo esplicito assicura, che tutte le molecole, di cui si compone l'onda, montano e scendono *verticalement, et absolument en masse, sans éprouver aucune espèce de dérangement par rapport à la surface, ni par rapport à la verticale*: il qual moto, secondo essi, si comunica *à de très-grandes profondeurs*. — Altri con Emy lo credono *orbitaire* coll'asse maggiore verticale. Il moto di un satellite attorno al suo pianeta, combinato con quello del pianeta attorno al sole, rappresenterebbe abbastanza bene il moto *orbitale* di

ciascuna molecola liquida in una doppia ondulazione; ma Virla non sa concepire il moto di una molecola attorno a de' centri, i quali non sono nè fissi, nè materiali; ed Emy risponde, che si possono citare altri casi di moto epicicloidale dello stesso genere: per esempio quello del balocco chiamato trot-tola (*pirouette*) il quale descrive sopra una tavola delle orbite, anche molto differenti tra loro, attorno a de' centri che non sono nè fissi, nè materiali; e soggiunge che de Corauecz ha pur egli trovato che le oscillazioni delle onde *ont lieu autour de centres qui ne sont ni fixes ni matériels*. Emy e Virla sono poi d'accordo nel credere soltanto apparente il moto ondoso, *de façon*, dice il primo, *que c'est par l'effet de l'ordre de la succession de leurs oscillations que les ondes sont formées et paraissent se mouvoir*. Il moto orbitale di Emy fu già scorto, ma non seguito da Newton, il quale lo espresse *per circulum*; venne descritto in un sistema particolare di onde dal Gerstner, ed è conseguente al *mouvement d'oscillation horizontal* riconosciuto da Laplace. Esso mi sembra inoltre appoggiato dalle esperienze de' fratelli Weber, e da quelle, dentro certi limiti, di S. Russell, di Aimé, di A. de Caligny e di Laurent. Emy oltre a ciò ha fondata una teoria circostanziata sopra un tal fenomeno ch'egli chiama *flots de fond* (*flutti del fondo*) il quale prende origine quando la base dell'onda trova risalti (*ressauts*). — Virla per combattere la teoria delle onde e de' flutti del fondo di Emy, e per sostenere quella di Bremontier, ha preso dalle leggi del moto dell'acqua nei sifoni quanto a parer suo presentano d'identico fra essi questi due fenomeni. Egli osserva che la sola considerazione del principio generale della trasmissione delle pressioni, combinandosi coll'inerzia e viscosità, basta a rendere ragione dell'analogia del moto delle onde con quello *dû au syphonnement*. Ammette con ciò la contraddetta supposizione di Newton, e di più la generalizza, e passa a credere che le molecole oscillino nelle onde come nei sifoni, ossia in un modo più o meno analogo. Emy censura la teoria di Virla, e cita due prove contro di essa: la prima è, che *si le syphonnement existait*, si sentirebbe il suo movimento di va - e - viene orizzontale bagnandosi e tuffandosi nel mare; ma è costante che nulla sentesi di simile. La seconda è, che si scorgerebbe una deviazione rapida nel cammino che segue un corpo un poco più grave dell'acqua, allorchando lentamente discende in un mare profondo e limpido nel tempo che in esso si formano delle onde, e Bremontier insegna che questa deviazione non ha luogo. — Fèvre ha presentato alcune spiegazioni de' moti che imitano quelli delle onde. Come *LEONARDO*, così egli assomiglia le onde marine a quelle che si formano in un campo di grano per l'azione del vento; e trova la spiegazione di questo moto nell'elasticità e nella compressibilità dell'acqua, considerando l'acqua come elastica, e per conseguenza compressibile fino ad un

certo punto. — Bouniceau tende più per questa teoria che per le altre. Non rifiuta ad Emy *la vérité d'un mouvement orbitaire*, ma non è convinto del fenomeno *des flots de fond*. — Aimé ha fatto delle esperienze dirette sul moto delle onde nella rada di Algeri; il suo lavoro ha per iscopo conoscere a qual profondità cotesto moto cessa di essere sensibile, e quale sia la natura di esso al fondo del mare. Egli comincia col dire, che il moto delle molecole dell'acqua in un mare agitato non è stato ancora *déterminé expérimentalement par personne*. Le sue esperienze gli provano, *d'une manière évidente*, che le molecole d'acqua, in mare agitato, hanno un movimento *d'oscillation horizontale*; ma esse non gli mostrano se l'oscillazione ha luogo dal fondo fino alla superficie, nè in qual modo la sua amplitudine varia con la profondità. Secondo lui, « le conseguenze, alle quali giunge Bremontier, *sont fausses* ». Nella suddetta rada *le mouvement oscillatoire* prodotto dai venti diviene insensibile alla profondità di 40 metri Ogni volta che il vento soffia, comunica alle molecole liquide due specie di moto; l'uno ch'è ondulatorio, *c'est celui des vagues*; l'altro, ch'è di trasporto, *c'est celui des courants*, il quale si fa sentire ad una profondità più grande del primo. Questa corrente spiega come si muovono i banchi di sabbia, e in qual direzione *ils se déplacent*. Il de Caligny, parlando delle esperienze di Aimé, non conviene sulla conclusione di lui, cioè *que le mouvement était oscillatoire sur le fond*. *Ce genre d'observations, ne me paraît pas entièrement suffisant pour établir cette conséquence*: e ne dice il perchè. — Secondo il citato A. de Caligny, le opinioni di Emy e quelle di Bremontier si possono conciliare col mezzo del fenomeno già osservato da Russell, e conosciuto sotto il nome di *onda solitaria*: la grande onda di equilibrio del fluido. Il de Caligny avverte, in conferma di quanto asserisce, che dalle sue esperienze ha dedotto essere la traslazione delle onde non apparente soltanto, ma puranche reale, quantunque questa per verità, ei soggiunge, è molto minore dell'altra. Questo autore appoggia l'opinione d'un doppio movimento nelle molecole dell'onda, cioè *oscillatoire et orbitaire*, già notato, ma poi abbandonato, dallo Aimé; e pone il moto orbitale *dans les régions supérieures*. Se mal non mi appongo, questo doppio moto ei lo deduce quando l'onda, *dans un canal factice* da esso lui usato per le esperienze, toccava il fondo, ossia quando imprimeva *un mouvement de va-et-vient horizontal dans le sable*. Egli si occupa ancora di alcuni fenomeni dell'onda *solitaire* e dell'onda *courante* où, in questa, *il n'y aurait pas de mouvement orbitaire bien sensible*, e quel movimento orbitale, che vi si è *présenté*, ei lo crede una conseguenza della specie particolare *de syphonnement occasioné par la réaction du fond du canal*. Se ho ben inteso, trova de' punti di *ressemblance* fra queste due specie di onde: la curva di una sembra *parfaitement*

analogue a l'altra in una sufficiente profondità di acqua ; si vedono *souvent mêlées* fra esse ; ma , com' egli avverte , ciò che avvi di più caratteristico , nell'aspetto generale del sistema, è la specie di rapporto che si presenta tra *les orbites* percorse dalle molecole nel genere particolare delle onde correnti da lui studiate, *et les chemins demi-orbitaires*, se così può dirsi, studiati direttamente da Russell nell'onda solitaria. Così, se non prendo abbaglio, dalle stesse esperienze sue e dal suo ragionamento si scorge , che in altri punti le dette onde disaccordano : l'onda solitaria è più veloce dell'altra ; essa non si può *présenter dans le mers très profondes*, l'altra ha luogo ovunque ; la prima a un *mouvement de transport réel*, la seconda no, *sauf le petit mouvement de translation réelle admis par les marins* ; quella agisce *contre le fond d'un parement vertical*, come una specie *de coup de bélier*, questa non pare ; entrambe danno un *mouvement de recul au fond du canal* più forte che il movimento *de progression dans le sens du mouvement de translation apparente* di queste onde, *même sur un ressaut* ; ma quest' effetto nell'onda solitaria sarebbe *sensiblement double* di quello prodotto dall' onda corrente. Sembra che di due specie siano le onde solitarie : in un *ressaut brusque*, situato lungi dalle estremità del canale e la cui superficie orizzontale elevasi dal fondo circa la mezza altezza della profondità dell'acqua, una tale onda solitaria spinge *en avant* i piccoli corpi sparsi sopra la superficie del risalto , *sans revenir sur leurs pas* , come accade in un' onda solitaria qualunque. — Laurent ancora ammette un *mouvement de transport* nella direzione della propagazione. Riconosce che le onde liquide *irregolari*, così da lui chiamate per distinguerle da quelle dovute alla caduta di un corpo grave, sono prodotte dalle interferenze (*interférences*) di una infinità di ondulazioni provenienti da centri di scotimenti parziali creati dall' azione del vento alla superficie del mare —.

In Francia, meno poche eccezioni, la scuola degli ingegneri de' ponti e strade segue la dottrina di Bremon tier e Virla ; quella degli ingegneri idrografici e l'altra del genio militare preferiscono la teoria di Emy ; e questa stessa teoria è quella adottata dai geografi e dai geologi della scuola di Huot. Questi asserisce , che la dottrina di Emy *rend compte de tous les phénomènes dûs à l'action des ondes*. D'Archiac analizza soltanto la teoria delle onde di S. Russell *parce qu'elle a été invoqué par plusieurs géologues à l'appui de leurs idées sur le transport des blocs erratiques, et pour l'explication de quelques autres phénomènes*.

4. Anche in Inghilterra scorgo disparità di opinione. Newton, nel trattare del moto delle onde , non si è direttamente occupato della natura del moto , e della linea descritta dalle molecole nella massa ondeggiante : egli

ha avuto solo per oggetto *invenire velocitatem undarum*. In questa ricerca suppone che l'ascensione delle onde, e la discensione alternativa di esse, sono analoghe a quelle dell'acqua nei rami di un sifone e che osservano la stessa legge rapporto al tempo: tiene conto del moto verticale, e non di quello orizzontale, il quale, come osserva Lagrangia, necessariamente vi si deve unire, perchè l'acqua è supposta libera di muoversi in tutti i sensi. Infine l'analogia che suppone, e che non dimostra, è confutata non solo dal Lagrangia, ma benanche dall'Juan, dal Laplace e dal Poisson. — Il de la Bèche nel solo caso delle onde senza vento conviene, che si possono applicare ad esse le teorie di Bremontier, di Emy, ed altri autori, i quali ammettono nelle molecole dell'acqua una successione di moti verticali o ellittici. Ma quando regna il vento, e specialmente violento, ei ritiene che i flutti si compongono di ondulazioni o vibrazioni, e d'impulsione nell'acqua superficiale spinta in avanti dall'attrito della massa dell'aria, che si muove al di sopra. Egli crede, che le correnti abbiano un'efficacia di trasporto molto inferiore a quella de' flutti. — Lyell riconosce moto di trasporto nelle onde, e dà ad esse azione capace di muovere e spostare grandi banchi: crede non ostante prevalente all'azione de' flutti l'azione di trasporto delle correnti, e ciò anche presso i lidi. Alla nota corrente litorale del Mediterraneo egli appropria la *rapida distruzione di più luoghi della costa d'Africa*; le dà potenza di *usurpare nel delta del Nilo*, e ad essa attribuisce la *causa del rapido accrescimento della terra ferma sopra i diversi punti della costa della Siria, ove verun fiume si scarica*. — S. Russell dice: « Ogni moto ondulatorio è composto di due cose distinte; cioè la figura dell'onda che si avvanza, ed un movimento di molecole. Il moto di ciascuna particella si sviluppa in una ellisse giacente totalmente nel piano verticale, cosicchè dopo il momentaneo disturbo durante il passaggio dell'onda, essa ritorna al suo posto ». Egli, pare a me, che ammetta quattro specie di onde; cioè quella di *traslazione di prim'ordine*, la quale sarebbe creata dall'istantaneo sollevamento di una estesa superficie solida dal fondo del mare; questa è quella adottata dai geologi, a cui allude d'Archiac: l'altra di *trasmissione*: la terza di *traslazione*, ed in fine l'*onda ordinaria*. Egli dice inoltre che i corpi mossi nel fondo non sono rotolati in avanti ed in addietro, come lo sarebbero da un'onda ordinaria della superficie, ma ch'essi hanno moto continuo in avanti durante tutto il passaggio della lunghezza dell'onda. Quest'autore deduce la sua teoria da molte esperienze; ma G. Rennie parlando di esse così si esprime: « Io non ho potuto intendere gli esperimenti di S. Russell (*I have not been able to understand the experiments of Mr. Scott Russell*); essi sono così numerosi ch'è difficile dedurne una conclusione ». Murchison e i suoi collaboratori, Hopkins e W. Whewell

sono col Russell per spiegare le idee loro sopra il trasporto de' massi erratici, o trovanti. — W. T. Denison esclude sempre moto orizzontale di massa nelle onde intere. Secondo lui, « l'onda si muove con una certa velocità, ma l'acqua no (*the wave is moving with a certain velocity, but the water is not*); le molecole della superficie si muovono nel verso in che il vento le spinge (*are moving where the wind is acting upon them*), ma l'onda per sè stessa è una mera ondulazione: è un puro moto di su e giù delle molecole. Una molecola pochi piedi sotto la superficie dell'acqua conserva la sua posizione (*might keep its position*) per ciò che concerne il moto impartitole dall'onda, sino alla fine. Con vento molto forte (*in a gale*) l'onda solleva il bastimento, e segue innanzi senza trasportarlo seco: il bastimento ha un piccolo moto di decaduta a sottovento (*a drifting to leeward*), ma questo è prodotto dall'azione del vento sullo scafo e sull'alberatura ». Rispetto alla natura della linea descritta dal moto delle molecole dell'acqua nella massa ondulata, crede più probabile degli altri il moto circolare od ellittico. Non conviene nei flutti del fondo di Emy, e dice che con gran giustizia (*with great justice*) è stata contraddetta questa teoria. Asserisce non sapersi sino a qual profondità (*we are ignorant to what depth*) si estenda l'azione delle onde: nulladimeno ammette in esse una qualche azione meccanica sul fondo: « ma se un masso è posto sul fondo del mare, si avrà la stessa forza in ambi i lati (*the same force on both sides*); non vi sarà nulla che possa creare corrente »: il masso resterà immobile. Di tutti gli effetti distruttori del moto ondoso, ne accagiona l'onda franta. Questa agisce con forza enorme (*enormous power*) dovuta al peso della massa dell'acqua moltiplicato per la velocità con cui essa si muove. Poco o nulla fa conto dell'azione delle correnti-maree sul fondo del mare, anche quando alla superficie hanno una velocità di quattro miglia l'ora. — J. Washington tende a credere, che le onde in alto mare non hanno verun moto progressivo, nè producono alcun urto: le sole onde frante, ch'ei chiama di traslazione, hanno moto progressivo e percussivo. Il movimento ai materiali lungo i lidi è interamente impresso da queste: la corrente di marea, anche nella sua massima forza (*even in its greatest strength*), non esercita influenza sopra di essi. — Il citato G. Rennie pone per massima, *che ogni cosa viene al lido*: egli accenna essere stato paragonato il moto e gli effetti dell'onda a quelli di una corda o catena tenuta nelle estremità da due persone; se una agita la corda, si forma lunghezza una serie di ondulazioni, e queste danno all'altra persona un urto nel braccio che sarà più fortemente sentito quanto è maggiore la causa del moto. Si accorda con Emy sulla formazione e sugli effetti de' flutti del fondo nell'Oceano, ma per circostanze locali (*local circumstances*) crede che nel Mediterraneo non esistano flutti del

fondo. — G. B. Airy non ammette moto in avanti di massa nelle onde (*there is no onward motion in the whole mass*): per lui, solo quando si frangono agiscono con percussione a similitudine dell'ariete idraulico, e non per l'ordinaria pressione idrostatica (*not by the ordinary hydrostatic pressure*). Egli afferma che nelle acque profonde i moti delle molecole sono oscillatori, che l'elevarsi e l'abbassarsi della superficie del mare dipende da moti orizzontali, che hanno luogo alternativamente in direzioni uguali e contrarie, e che questi spostamenti sono rappresentati da una funzione periodica del seno o coseno di un angolo dipendente dal tempo. Relativamente al punto, ove giunge l'agitazione delle onde sotto il pelo ordinario del mare, così si esprime: « Nelle onde di non molta lunghezza, il moto diminuisce, a misura che queste discendono, con un grado di rapidità che nessuno immaginerebbe a prima giunta. Eccone la legge matematica: supponete un'onda di dieci piedi ($3^m,04$) di lunghezza da culmine a culmine (e lo stesso può dirsi di qualunque onda, tranne quelle di lunghezza enorme siccome un'onda marea (*except one of very great length, like a tidal wave*); se si discende dieci piedi sotto la superficie, l'agitazione dell'acqua è minore di $\frac{1}{500}$ parte di quello sia alla superficie; e se si discende altri dieci piedi, cotesta agitazione trovasi diminuita cinquecento volte di più, e ciò procede con progressione geometrica ». Ammette che le onde lunghissime (*the waves are very long*) producono sensibile agitazione nelle ghiaie e nelle arene del fondo, anche alla profondità di 500 piedi ($152^m,39$), e passando sopra un banco ove siavi quest'altezza di acqua, si frangono. Trovo che il ripetuto Rennie accenna credere, che la teoria di Airy appartenga a quelle di gabinetto (*the theory of a closet*): quindi la censura e preferisce di seguire « le teorie e le opinioni di uomini pratici, i quali hanno osservato la natura da per sé stessi ». — Alan Stevenson sostiene, colla più intima convinzione, che le onde non hanno moto puramente verticale od oscillatorio, e che non agiscono per sola pressione statica; ma ritiene per fermo ch'esse o col vento o senza, o grandi o piccole, o intere o frante, o in alto mare o presso il lido, tutte, eccettuata la grande onda marea, hanno moto in avanti, cioè di reale trasporto (*all waves, except the great tide-wave, have an onward motion*). Nell'azione delle onde non ammette differenza essenziale (*material difference*) fra le onde frante o che sono per frangersi, e l'onda intera; e se avvi differenza di forza percussiva in questi due casi, afferma più potente l'onda intera, perchè non ha incontrato ostacolo (*which has not encountered an obstacle*), e quindi più di quelle questa agisce a similitudine dell'ariete (*ram-like power*). Inoltre si dichiara persuasissimo, che un bastimento (senza altra causa di moto) è sempre trasportato dalle onde, e solo per deficienza di attrito (*for want of friction*), non essendo ab-

bastanza rattenuto (*sufficiently bound*) alla superficie delle onde, non è trasportato colla stessa velocità di esse. Esclude che questo moto di trasporto possa essere l'effetto dell'urto delle onde per lo elevarsi ed abbassarsi del mare, non potendosi persuadere che, se ciascuna molecola dell'acqua si movesse soltanto in un piano verticale, un corpo galleggiante alla superficie possa muoversi in direzione orizzontale. « Se il vento, egli conclude, se il vento agisce, come spesso avviene, obliquamente al piano dell'acqua, deve, come a me pare, produrre un movimento in avanti nell'acqua stessa, appunto come produce un moto in avanti in un mucchio di fieno (*haystack*), in un bastimento, in un pallone: tutto a gradi differenti a seconda della resistenza che incontrerà (*all in different degrees, according to the resistance to be encountered*) ». — A. J. Robertson, già altra volta occupato della *teoria delle onde*, dopo lo scritto di Earnshaw sullo stesso argomento, ha rifiuto il suo lavoro e si dichiara obbligato a detto scritto. Egli, prendendo i risultati dedotti da S. Russell nelle sue esperienze come base delle proprie indagini, stabilisce: 1.° che il moto orizzontale prodotto dal passaggio di un'onda è lo stesso in ciascuna molecola di ogni colonna verticale (*in every particle of any vertical column is the same*): 2.° che la velocità di propagazione è uniforme (*the velocity of transmission is uniform*). Con questi principii conclude presentando la formola seguente che esprime il valore delle velocità di propagazione dell'onda.

$$c = (h \pm 2k) \sqrt{\frac{g}{h \pm k}};$$

in cui c è la velocità di propagazione; h la profondità; $2k$ l'altezza dell'onda positiva e la profondità della negativa, e g la forza acceleratrice di gravità. Quindi è chiaro che in un medesimo alveo la velocità è maggiore per un'onda positiva che per una negativa. Secondo lui le onde positive e negative sono fenomeni della medesima classe (*of the same class*) e non differenti, come sostengono Russell ed Earnshaw. Considera egli poi il moto orizzontale di ogni molecola prodotto dal passaggio dell'onda, ed è per lui provato che la velocità di ciascuna molecola viene dimostrata dall'equazione

$$u = \pm c \frac{2k}{h \pm 2k} \sin^2 q(ct - x),$$

in cui

$$q = \frac{1}{c} \sqrt{\left(\frac{g}{2(h \pm k)} \cdot \frac{h \pm 2k}{h} \right)}.$$

Al culmine dell'onda si avrà

$$\pm c \frac{2k}{h \pm 2k} ;$$

e quando l'altezza dell'onda è uguale alla profondità dell'acqua, la velocità è $\frac{c}{2}$, o la metà della velocità dell'acqua stessa. Osserva egli inoltre che al principio ed alla fine del moto la direzione delle molecole è verticale; sotto il culmine dell'onda è orizzontale (*under the crest of the wave it is horizontal*), e che l'orbita descritta presenta una figura ovale, ma non evidentemente ellittica.

5. Della scuola spagnuola ho G. Juan e F. Ciscàr. La teoria delle onde del primo tende soltanto ad assegnare le velocità e le grandezze di esse per servire di norma nella costruzione de' bastimenti. In questa ricerca premette che « la potenza, che agisce nelle onde, è la gravità dell'onda stessa. Se una parte della superficie del fluido si solleva per qualsivoglia cagione, dopo che essa ha acquistato la sua massima elevazione, la sua gravità la obbliga a discendere, e le fa prendere una disposizione e figura all'ingiù, eguale a quella che aveva presa all'insù, poichè l'azione e la reazione sono eguali, cioè essa forma sotto la superficie del fluido uno sfondato, la cui figura è assolutamente la stessa di quella dell'elevazione . . . : la quale figura è una specie di cicloide. . . » Esprimasi per c la ragione della semicirconferenza al raggio; sia a l'altezza dell'onda dal livello dello sfondato o cavo al suo culmine, e b la metà dell'ampiezza di essa; sarà, secondo lui, $\frac{1}{8} (a+b)^{\frac{1}{2}} c$ l'espressione di tutto il tempo in cui il culmine si abbassa al livello del cavo, si sollevi alla primitiva altezza, e percorra lo spazio b : questo tempo è uguale a quello, in cui un pendolo della lunghezza $\frac{a+b}{2}$ compie una oscillazione. Lo stesso tempo $\frac{1}{8} (a+b)^{\frac{1}{2}} c$, è a un secondo, come la lunghezza o lo spazio b , che l'onda percorre nel detto tempo, è a $\frac{8b}{(a+b)^{\frac{1}{2}} c}$; spazio che l'onda percorrerà in un secondo, e che indica per conseguenza la sua vera velocità. . . La ragione di a a b è varia nelle onde, secondo che vanno aumentando o diminuendo. Le prime sono le burrascose e crescenti, e quelle che la forza del vento fa continuamente aumentare; ed in queste la ragione $\frac{a}{b}$ è maggiore che nelle seconde, le quali sono distese, lunghe e regolari, e continuano dopo che il vento si è diminuito, o è cessato interamente. In queste

ultime onde la quantità b può essere molte volte maggiore di a , perchè conservandosi costante b , si diminuisce continuamente a , sino a diventare uguale a zero ». Parlando della teoria di Newton dice, che « trascura il valore a : ed in questo caso la velocità dell'onda è $= \frac{8b^{\frac{1}{2}}}{c}$, e segue la

ragione delle radici quadrate delle sue ampiezze, come afferma quell' illustre autore ». Egli, per l'esperienza che ha degli effetti prodotti dai marosi sopra il corpo di un bastimento, nell'applicare la sua teoria alla pratica della navigazione, cioè ai movimenti di barcollamento e di beccheggio del bastimento, sente la necessità di avvertire, che si devono avere a calcolo le diverse velocità delle onde, e dimostra che « la velocità del colpo di mare può essere tale, che la sua forza sia molto maggiore di quella che può risultare dal suo semplice peso, o dalla semplice pressione, ch'è il solo principio di azione precedentemente considerato ». Ed a questo proposito accennando alle teorie dei sommi geometri che lo precedettero, come, per citarne i più celebri, i Bernoulli, i Bouguer, gli Euleri, così si esprime: « Grande e giusta meraviglia dee fare, che per sì lungo tempo, e così generalmente siansi ammessi siffatti errori nello spiegare il barcollare ed il beccheggiare de' bastimenti. Non si sono considerati in questi moti gli effetti delle onde, o de' colpi di mare, e sembra che i calcoli siano stati istituiti per de' mari incantati, e non per quelli che passano per di sopra alle navi, le inondano, e le fanno perire ». De Poterat adotta la dottrina di G. Juan, ma lo Stratico osserva che « la teoria delle onde proposta dall' Juan non è abbastanza fondata, ancorchè l'applicazione ch' egli ne fece, sia molto ingegnosa e sottile ». — F. Ciscàr, dopo aver descritto l'effetto alternativo *de una presion qualquiera* nell'acqua racchiusa in due tubi riuniti nella base, soggiunge, *esto mismo se puede aplicar para la formacion de las olas*. Avverte però che nei tubi l'acqua non può aver altro movimento che quello verticale, mentre *en la mar no debe suceder así*. Liberi di sè stessi *los fluidos dilatan sus esfuerzos en todas direcciones*. Crede molto facile la creazione delle correnti alla superficie del mare: *por floxo que sea el viento levanta alguna marejada que sigue la direccion del viento, y comunica su movimiento à la restante superficie de las aguas*.

6. E di Germania, che abbia trattato con deliberato proposito de' moti del mare, non conosco che il Kant. Questi dice: « Il movimento delle onde è un'agitazione oscillante dell'acqua, un innalzarsi ed abbassarsi scambievolmente di due colonne di acqua, in cui, se le onde non si rompono e per mezzo di questo si rovesciano, l'acqua non corre più innanzi, talchè puossi con qual-

che esattezza misurare col solcometro (*log*) la celerità di una nave veleggiante ». Egli dà alle correnti un'azione immensa di erosione e di distruzione; quindi attribuisce all'azione di esse la *forma e la fisionomia che hanno le coste*, e giunge a credere *molto probabile che l'istmo di Panamá finalmente si romperà in causa della corrente generale* (l'atlantica equatoriale). Probabilità esclusa dal Tadini attesochè, salvo altre cause distruggitrici, le acque correnti nello scontro d'un ostacolo convertono in pressione la forza viva, e prendono una direzione parallela all'ostacolo — Vengo all'Italia.

7. Nota il Fossombroni che gl'italiani, già da gran tempo in possesso di trattare la scienza ed il governo delle acque torbide, *ne conservano ancora la superiorità* a confronto degli oltramontani; ma questi per *le chiare, e specialmente del mare, hanno mostrato spesso un genio trascendente*. Siffatta sentenza non esclude che in Italia molto prima che altrove siasi trattato *ex-professo* anche del moto ondoso del mare. Di fatto *LEONARDO* è stato il primo a stabilire le basi della teorica delle onde dell'acqua: egli ci ha lasciato un libro particolareggiato su questa interessante parte dell'idrodinamica. Dopo lui in vero non conosco altro autore italiano, che abbia scritto un'opera speciale sul moto in discorso; nondimeno la maggior parte di quelli che hanno trattato delle acque correnti, hanno più o meno toccato il moto ondoso del mare nel senso pratico de' suoi effetti: Lagrangia e Plana han tenuto la sola via dell'analisi algebrica. — Galileo accenna al moto di trasporto nelle onde. — Castelli in modo esplicito dichiara che le onde « sollevano dal profondo del mare moli immense di arene, e le trasportano col loro impeto ». — Montanari non riconosce moto di trasporto nei flutti; ammette in essi la sola potenza di sollevare le arene ed intorbidare le acque. Crede l'azione loro « sensibile a circa due metri di fondo, e ne restano esenti quelle arene che sono nei fondi di tre o quattro metri ». In questi fondi nelle tempeste più gagliarde ed impetuose può giungere qualche commozione, . . . *eccetto che quando le tempeste sono originate dal fondo stesso del mare, e non dai venti di fuori, perchè in quei casi (che non sono però rari) scaturendo dal fondo l'esalazioni, che agitano il mare, ponno da quello alzare il turbidume sino alla superficie . . . ma questo è fuori del caso nostro, come egli nota, ove io tratto dell'agitazione causata dalle tempeste ordinarie*. Questo fenomeno chiamato dal Montanari *esalazione del fondo*, è l'onda di *primo ordine* del Russell. Per lui il *moto radente* è l'unico e rilevante veicolo di trasporto. — Viviani riconosce che l'onda marina spinge al lido le arene del mare, ed obbliga le correnti, ed anche quelle de' fiumi, a voltare or dall'una parte or dall'altra secondo la direzione del vento che domina. — Marsigli colle proprie

esperienze ha trovato necessario dividere in due lo stato delle onde; uno naturale, l'altro accidentale. Proporzionale alla forza del vento è il primo, il secondo è il prodotto dell'urto delle onde fra esse e del loro simultaneo concorso ed affratellamento. Avendo adottato le osservazioni di R. Boyle, dalle quali si deduceva che il vento il più forte non penetra giammai oltre i due metri sotto il livello ordinario del mare, ha creduto che il cilindro formato dalla ondulazione non deve elevarsi più di due metri sopra lo stesso livello. Ma l'esperienza gli ha fatto vedere una maggiore altezza nelle onde per l'effetto della reazione del letto del mare. Parla di correnti alla superficie ed al fondo, e conclude che non sarà mai nulla di solidamente stabilito per esse, senza il concorso di più osservatori ed in diversi luoghi situati. — Guglielmini si accorda col Viviani. Trovo rimarchevole, per la questione che tratto, il seguente corollario del Guglielmini: « L'ingresso de' fiumi nel mare si fa a mezz'onda, vale a dire, che la superficie dell'acqua non viene regolata, nè dalla parte superiore dell'onda spinta contro lo sbocco (sia ella o di moto ordinario o pure burrascoso), nè dal basso dell'onda inedita; ma bensì dal punto di mezzo, tra il maggiore alzamento e l'abbassamento dell'acqua ondeggiante; e la ragione è fondata sulla velocità del bilanciamento dell'acqua, la quale non permette che il pelo del fiume si elevi alla sommità dell'onda, nè si abbassi alla di lei maggiore concavità; e perciò viene ad equilibrarsi con questi contrari conati in un sito di mezzo ». — Credo che anche il Poleni professi la dottrina del Viviani in quanto si riferisce ai flutti. Egli inoltre attribuisce al moto radente maggiori effetti di quelli attribuitigli dallo stesso Montanari. — Zendrini trova nei flutti potenza di *sconvolgere e tirare le sabbie dai cupi fondi del mare, e spingerne al lido immensa quantità*. Dimostra ch'essi, quando battono la spiaggia in angolo di 45° hanno azione massima per *zappare il lido ed esportare le sabbie*. Dà nulla ostante prevalenza di trasporto al moto radente. — Manfredi e Frisi sono con lui. — Boscovich riconosce nei flutti la potenza di smuovere i detriti del fondo del mare; ammette che i banchi mutano sito secondo la varia forza delle diverse tempeste, che formano diverse correnti di acqua marina, le quali crede che *prevalgono all'ordinaria corrente generale* (la radente). A questa poco o nulla dà valore. Egli stabilisce in fine che i detti banchi saranno disposti secondo l'azione di quel *vento che ha forza maggiore sopra ogni altro*. — Borelli dice che « l'altezza delle onde del mare non ha forza di spingere le acque verso terra con impeto continuato, ma solamente a guisa di pendolo con serie interotta spingere e poi ricevere le acque che di mano in mano dalle cime delle onde vanno cadendo ec. ec. » Secondo lui, le correnti non ricevono dai flutti « altro impedimento se non questo, che il corso loro non potrà continuarsi con

la stessa uniforme velocità, per le spinte che di tanto in tanto le onde del mare gli danno ». — S. Stratico segue la dottrina di Newton, ma si fa ad avvertire, che la *discesa ed ascesa delle parti dell'acqua si fa piuttosto per archi circolari*. — Zanotti confessa di non aver avuto « nè comodo, nè occasione di attentamente osservare gli effetti maravigliosi che produce il mare nei porti e lungo le spiagge »; quindi non emette giudizio sulla costituzione delle onde. — Lagrangia riguarda la supposizione di Newton come *assolutamente insufficiente* a rendere ragione del fenomeno dell'onda. Egli, per giungere a stabilire le sue equazioni, suppone che nella *formazione delle onde l'acqua non è scossa ed agitata che a piccolissima profondità*. Ed in vero se a è la profondità alla quale l'acqua è agitata, ed n la velocità delle onde, espressa in metri per secondo, si ha con la formola di lui $a = \frac{n^2}{9,81}$; dimodochè per le onde che hanno 2 metri di velocità e 4 di cavo o altezza totale, si avrà $a = \frac{4}{9,81} = 0^m, 40$. Questa profondità di agitazione è soltanto la decima parte dell'altezza dell'onda. Per analogia alle onde sonore ritiene, che la velocità di propagazione delle onde marine diminuisce col diminuire del fondo del mare, e stabilisce che la detta velocità sarà la stessa di quella che un corpo grave acquista cadendo da un'altezza eguale alla metà della profondità dell'acqua, dove però questa profondità non sia molto grande. — Mari si mostra convinto che i flutti abbiano moto di trasporto, e crede che *le arene sono a portata di essere prese a collo dalle onde nei venti più discreti*. Per gli effetti del moto radente è con Poleni. — Zuliani ancora si dichiara convinto, che l'acqua del mare in tempo di burrasca viene sollevata e « spinta gagliardamente dalla furia del vento verso la spiaggia ». Quindi assicura, che le sabbie incorporate colle stesse acque del mare burrascoso sono dalle onde trasportate verso i lidi. Egli tende a credere prevalenti gli effetti di trasporto dovuti al moto radente, in confronto a quelli dovuti ai flutti anche del *vento dominante*. — Mengotti ritiene, che le acque torbide *delle fumanie sono respinte in dietro dai venti e dai marosi*, e questi *disperdono e riproducono le barre*. — Bidone dalle sue esperienze ha dedotto, che il moto ondoso si trasmette a delle *grandi profondità*. Egli più d'ogni altro si è occupato di spiegare il modo e di scoprire la causa del successivo frangersi delle onde nel lido, e specialmente di rendere ragione del fenomeno conosciuto sotto il nome di *mascheretto*. Avverte che quando il mare è agitato, i frangenti s'innalzano più delle onde per causa dell'urto della corrente ascendente sulla spiaggia prodotta da ogni onda, colla corrente discendente dell'onda antecedente. — De Fazio pel moto di trasporto nei flutti segue la

scuola del Castelli: ai fatti da questo registrati ne aggiunge degli altri e conclude: « Tutti i cennati fatti provano abbastanza che i venti, spingendo le onde, regolano i depositi delle materie che sollevano e trasportano ». Per il punto fin dove si comunica l'azione di essi si mostra convinto che non giunga al di là di circa 7^m,80; *le sabbie per qualunque tempesta non sono mai sollevate* più sotto di questa profondità di acqua: « l'agitazione superficiale, per quanto forte si voglia, diventa debolissima, anche prima di giungere a circa due metri sott'acqua ». — Tadini nota « che le onde sollevano e vagliano le materie, scernendo le sabbie dalle terre fine, quelle gettando verso terra queste trasportando all'alto ». Non conviene nella legge del Montanari, e dà al moto radente più azione di trasporto di quella ammessa dal Montanari stesso. — Marmocchi, seguendo la dottrina del Kant, conviene sul moto di trasporto nelle onde, ma nel solo caso ch'esse si frangano; e quando ciò avviene in alto mare, *la superficie dell'Oceano allora corre rapida come un torrente impetuosissimo*. — Brighenti ammette moto di trasporto nei flutti. Basandosi sulle esperienze, che di persona ha fatto, è indotto a « pensare che la direzione del moto ondoso delle burrasche valga a guidarci con maggiore sicurezza nell'intendere i fenomeni degli interrimenti, e nell'applicarvi i rimedi ». Quindi non ammette la legge del Montanari, nè quella modificata del Tadini. — A. Cocconcelli si attiene al Zuliani. — E. Lombardini dice « Mentre le acque de' fiumi continuano a portare al largo mare le torbide, che depongono in vicinanza della foce, questo, agitato dai venti, esercita un'azione contraria in tutta la lunghezza della spiaggia, tendendo a respingere le materie medesime verso di essa. Combinati questi movimenti con quello continuo del mare da sinistra a destra, che chiamasi *moto radente*, distendono tali materie lungo il litorale, anche a notevoli distanze dalle foci dei fiumi. La violenza delle onde del mare si ritiene essere in certa proporzione colla profondità del medesimo, e cresce con essa; ma la loro propagazione sotto la superficie delle acque ha un limite, oltre il quale il fondo del mare non viene smosso per qualunque tempesta ». — Venturoli non ammette mai moto di trasporto nei flutti. Egli ritiene che il movimento impresso dai venti alle acque del mare è tale, che queste si alzano bensì alternativamente e si abbassano, ma non si veggono già concepire determinatamente alcun moto progressivo. Il moto radente, o quello di altra corrente, è il solo veicolo di trasporto: e di ciò si dichiara convinto *qualunque sia la forza della burrasca e la direzione del vento*. — C. Afan de Rivera segue la scuola del de Fazio; quindi difende il sistema de' moli arcuati. Convinto che l'azione del moto ondoso tende ad ostruire le foci, ha cavato profitto dalla potenza di esso, e col suo semplicissimo *trovato delle palificate sommerse a*

traforo facenti l'ufficio di sponde, assicura migliorare gli sbocchi. — V. Rossi appoggia con esperienze e con argomenti il trovato di Afan de Rivera. — G. Collegno dice che « i moti regolari del mare, le correnti cioè e le maree, non bastano a produrre gran cambiamenti nella parte solida del globo... La vera azione distruttiva del mare si è quella dei fiotti che battendo incessantemente le esterne falde dei continenti e delle isole cagionano guasti incomparabilmente maggiori a quelli dei fiumi... Nei mari profondi l'azione dei fiotti non si fa sentire sul fondo, se non laddove le spiagge sono esposte a venti impetuosi; ma quell'azione produce in allora effetti più importanti... L'acqua che cuopre banchi di sabbie o di fanghiglie, in profondità anche di 25 metri, diviene torbida nelle burrasche, e ciò avviene solo perchè l'agitazione del mare si stende sino a quel limite e ne smuove il fondo... Per quanto si può giudicare nella costruzione dei moli e delle dighe di vari porti, alla profondità di sette metri le onde non esercitano più effetto alcuno sui materiali alquanto voluminosi ». — Pilla conclude poter ritenere « che i movimenti del mare operano in due sorte di maniere, cioè modificando le terre, e trasportando materie diverse a molta distanza. I movimenti della superficie (quelli delle ondulazioni prodotte dall'urto del vento) producono lievi effetti dell'uno e dell'altro genere. Quelli delle maree e delle correnti operano nel modo medesimo, ma le loro azioni sono molto più energiche ». — C. Conti così ne parla: « Le onde del mare agitato e commosso sono enormi sollevamenti ed avvallamenti di acqua. La distanza da culmine a culmine, nel medesimo istante, dà la lunghezza dell'onda. Che poi questo movimento appartenga alla classe degli ondulatorj, si riconosce dai corpi leggieri galleggianti che rimangono presso che nel medesimo sito. L'onda che si vede da lungi, e che mano mano si avvanza, non è costituita dalla medesima acqua; l'acqua fraposta successivamente si commuove fino a che si alza e si abbassa quella ch'è sottoposta alla nave, con quel movimento di più orizzontale che corrisponde alla vibrazione di ogni particella combinata con la forza di gravità che in quegli alzamenti e abbassamenti grandissimi diventa possente ». — D. Paoli dice: « Accordasi ai venti la facoltà di far gonfiare le acque, ma negasi loro quella di comunicare ad esse alcun moto progressivo in massa... Ma i venti imprimono non già un solo movimento ondulatorio, non un semplice innalzamento di livello, ma valgono bensì a comunicare alle acque un moto progressivo e in massa, moto che si estende anche alle parti meno superficiali ». Niun dubbio egli lascia, anzi si mostra *irrefragabilmente convinto*, che nel moto ondulatorio i venti imprimono alle acque del mare anche moto di *traslazione* e di *massa*. Così pure ei ritiene per certo, che i trasporti di sabbia, di ghiaia, di ciottoli siano dovuti, *anzichè alle correnti* del nostro mare, *alla*

azione de' venti e delle tempeste. Non così esplicito si mostra nell'assegnare fino a qual profondità si comunica sensibile l'azione de' marosi, ma non vi è dubbio che nel Mediterraneo ei la creda ben al disotto di 40 metri. — Meneghini mi pare che ammetta sempre moto di trasporto nelle onde. Egli parla diffusamente di un'onda di fondo prodotta dalla continuazione di forte vento: questa, secondo lui, « è interamente diversa dalle onde consuete che sogliono essere superficiali e confinate all'area vessata dal vento ». Il movimento di detta onda, « che interessa tutta la profondità dell'acqua, si propaga con una velocità, che sta in ragione inversa della radice quadrata della profondità stessa...: essa è rapidamente trasmessa a traverso all'Oceano a regioni lontanissime, anche molto dopo che cessarono venti e flutti... Se si aggiunga l'impulso del vento al movimento suo proprio, la forza dei cavalloni diviene prodigiosa... L'azione del vento si esercita sulla massa liquida sottostante; raramente per altro arriva a grandi profondità, non oltrepassando d'ordinario i 60 o tutto al più i 90 metri ». — C. Acton così si esprime: « Ella è volgar credenza, che l'acqua essa medesima si avanza con la velocità dell'onda; ma in fatti la forma soltanto si avanza, mentre la massa rimane elevandosi e discendendo nello stesso luogo con la regolarità di un pendolo... Ma quando l'onda giunge in un basso fondo o spiaggia, essa diventa realmente progressiva: poichè allora non potendo affondarsi direttamente in giù, essa si rovescia d'innanzi rotolando e cercando il suo livello... Egli è cosa dubbia molto, a qual profondità il mare sia agitato dai venti ». — S. di Amico, e D. Cappetta, secondo che riferisce e sembra adottare il de Ritis, dicono « che nei grossi temporali quando il movimento arbitrario delle onde sino al letto del mare propagasi, purchè non sia grandemente profondo, vengono i sedimenti smossi e assoggettati all'azione delle correnti o delle onde del mare dalla forza de' venti commosse e sollecitate, e vanno a depositarsi ove la calma regna ed il riposo ». — F. de Luca riconosce moto di trasporto nei flutti: *essi solcano il fondo del mare, ne tirano le sabbie dai cupi fondi, e ne zappano le sponde, trasportando quanto han potuto distaccarvi.* Si estende inoltre sopra i tristi effetti delle risacche. — F. Sponzillo mi sembra tendere a dar preferenza alla teoria di Bremontier e Virla piuttosto che a quella di Emy, specialmente sopra il teorema relativo al fenomeno sottomarino chiamato dal primo *lame de fond* e dall'ultimo *flot de fond*; teorema che si presenta come uguale, ma che essenzialmente differenzia secondo la definizione e dimostrazione datale dai due autori. Gli elementi della teorica di Bremontier su questo fenomeno sembrano chiari allo Sponzillo. « La quale profferta del Bremontier, tutto ben considerato, egli soggiunge, nasce come per diretta via da quel fenomeno sottomarino, che il Montanari chiamava

esalazione del fondo, e, due secoli addietro, segnalava come eccezional cagione delle marine commozioni alle grandi profondità, e come principale cagione degl' interimenti nei porti ». Niun dubbio mi resta essere lui convinto che l'azione *delle onde mosse dalla furia dei venti* si comunica a grandi profondità, cioè *può operare sulle arene anche forse al di là di 160 metri*; e che le *coste sabbiose* possono avere « aumento per torbide della corrente litorale, o, anche più, per diretto deposito che i venti di fronte fanno delle arene tratte dal profondo mare, e poi depauperamento per fortuali spiranti obliquamente sulla costa, i quali, zappandola, portano i depositi di nuovo ne' profondi del largo ». Riassume in fine lo stato delle attuali nostre cognizioni in sentenza concorde a quella più generale emanata dal de Luca: *Noi, egli dice, circa l'astrusa ricerca delle cause e degli effetti degli insabbiamenti nei Porti, come dei modi diretti onde opporsi alle prime, e riparare ai secondi, siamo in via di bel nuovo alla ventura.*

Ai sopraccitati avrei voluto unire il Paleocapa, il Casoni, il Turazza, il Nobili, il Cavalieri, il Bertolini, il Folchi, il Sereni, il Natali, il Manetti, il Francolini, il Savi, il Ponzi, Eugenio Rodriguez ed altri; ma di essi non ho sott'occhio tanto che basti a formarmi un concetto del modo loro d'intendere la costituzione e gli effetti delle onde marine. Così avrei pur voluto studiare e compendiare gli autori di altre scuole, fra le quali quella degli Stati Uniti di America e quella portoghese, ma non mi è riuscito di farlo.

8. Dallo studio delle opere che mi han servito ad abbozzare il precedente quadro, e di altre che ho taciuto per brevità, ho ricavato che il maggior numero degli autori che hanno scritto su di questa materia, e che abbraccia anche i più dotti, non ammette mai moto di trasporto nella propagazione dell'onda. Un piccolo numero sostiene che questo moto esiste e sempre nella superficie quando soffia qualunque vento: avvi pure chi lo ammette anche senza vento: alcuni altri vogliono che il moto in discorso si sviluppi soltanto nello strato inferiore dell'onda, quando questa incontra uno o più risalti: altri in fine credono, che il moto stesso abbia effetto nei luoghi di molto poco fondo o molto prossimi al lido, o, per meglio dire, quando l'onda è franta.

Io invece ritengo che moto di trasporto esista sempre nelle tempeste, qualunque sia la profondità del mare; e che esista pure nei tempi moderati, solamente però dove lo sviluppo inferiore, o laterale o di fronte del flutto trova inciampo, qualunque sia la distanza dal lido. Ritengo ch'esso si comunichi a tutta la massa che costituisce il flutto, quando essa non può liberamente svilupparsi, e che la sua azione sia massima sul fondo del mare

e minima alla superficie, quando l'acqua è relativamente poco profonda e l'onda non è infranta. Ritengo in fine che i suoi effetti siano più o meno apprezzabili in ragione della natura e forma dell'ostacolo incontrato, e della pressione esercitata dalla massa ondeggiante e dalla velocità di propagazione di essa. Questi effetti debbono inoltre divenire molto complicati, e produrre tutta quella serie di fenomeni, e potentissimi, che vediamo verificarsi nelle coste, nei moli e nelle spiagge: come, a cagion di esempio, i fenomeni di riflessione, di accorciamento, di risacca e di onde titubanti, come le chiama *LEONARDO* (il *clapotage* de' francesi); quelli di azione diretta e di alto in basso; quelli prodotti dalle disuguaglianze de' massi, nelle quali, siccome in angoli rientranti, l'azione del mare si concentra e può acquistare moltissima violenza, e quelli in fine de' frangenti. Dunque io mi trovo o in una o in altra parte d'accordo con tutti, ma col solo *LEONARDO* posso credermi in accordo perfetto.

Veggio bene quanto sia grave il dissentire in tutto o in parte da uomini di tanto valore, di sì alta riputazione, e che di questa scienza hanno in vari modi parlato, quali sono i Laplace, Cauchy, Poisson, Bremonnier, Emy, Virla; i Newton, Lyell, Rennie, Airy, Stevenson; i Juan; i Kant; i Montanari, Zandrini, Lagrangia, Tadini, Venturoli, Paoli ed altri, anche recentissimi. Ma trattandosi di cosa relativa all'arte mia, mi credo in obbligo di esporre francamente il mio pensiero, sostentandolo di quelle ragioni che, dedotte dalla considerazione di alcune cause e dalla osservazione di alcuni effetti, mi conducono ad opinare diversamente. Se si troverà del vero nelle mie idee, avrò il piacere di avere arrecato la mia pietra all'edificio della scienza in cosa tanto studiata teoricamente, troppo poco, secondochè a me sembra, praticamente, e tanto perciò tuttora controversa; se poi mi sarò ingannato, e l'inganno somministrerà ad alcuna occasione di correggermi, dalla discussione stessa almeno sorgerà una qualche luce a rischiarare l'oscurità in cui la materia trovasi peranco ravvolta.

PARTE I.

MOVIMENTI DELLE MOLECOLE NELLA MASSA CHE COMPONE L'ONDA. — ERRONEO PRINCIPIO DA CUI SONO DEDOTTI I FENOMENI DELLE ONDE. — DETERMINAZIONE DELL'ONDA IN ALTO MARE. — DUE DISTINTI CASI INTORNO ALLA COSTITUZIONE E MOTO DI ESSA: — CASO PRIMO — PROVE: — CASO SECONDO — PROVE. — L'ONDA PRESSO IL LIDO. — REAZIONE DEL FONDO DEL MARE. — ALTRO FENOMENO NELLA MASSA ONDEGGIANTE. — ORIGINE E FINE DELL'ONDA: — SUOI DIVERSI EFFETTI — ESEMPI PER CIASCUNO DI ESSI. — ALTEZZA, LUNGHEZZA E VELOCITA' DELL'ONDA. — PROFONDITA' CUI SI COMUNICA L'AZIONE DI ESSA — FATTI IN PROPOSITO. — POTENZA DELL'ONDA — ESPERIENZE.

9. **C**omincerò dal dire, che nel moto delle molecole nella massa ondeggiante, o sia esso rigorosamente verticale in guisa che un'asta immersa verticalmente nel mare e libera di sè non abbia altro sforzo a sostenere che la pressione prodotta dal contatto e dall'attrito dell'acqua quando questa si abbassa e s'inalza; o sia oscillante a similitudine di quello de' pendoli; o sia di va-e-viene in analogia all'altro nei rami verticali ed orizzontali de' sifoni; o sia orbitale come il moto di un satellite attorno al suo pianeta e di questo attorno al sole; o in fine sia oscillatorio nelle regioni inferiori, ed orbitale in quelle superiori, dovranno, a mio giudizio, tenersi a calcolo due cause, la cui influenza non è stata fin qui avvertita, per quanto io sappia. La prima è il giuoco di quel numero infinito di molecole di acqua, che, raffreddate a cagione della evaporazione e nelle notti per via di irradiazione, si precipitano in ragione del loro eccesso di gravità specifica. Infatti atteso la poca conducibilità de' liquidi, l'equilibrio idrostatico non si stabilisce che col prodursi delle correnti discendenti ed ascendenti derivanti dalla dilatazione maggiore, che conservasi nelle molecole degli strati inferiori a confronto di quelle raffreddate alla superficie, segnatamente se il cielo è sereno, se l'aria è calma, e, regnando vento, se questo si propaga per *aspirazione*; quindi diventando le molecole superiori più dense, si precipitano e vengono surrogate da quelle inferiori meno dense. Vero è che durante l'agitazione delle onde mantenendosi le molecole in continua mescolanza fra loro, il raffredd-

damento dev' essere minore che a mare calmo ; nulladimeno io porto opinione che questo fenomeno non debba trascurarsi, perchè non sempre la superficie dell'onda è in trambusto, e perchè esso segue una legge di moto prodotto da causa differente da quella che muove le molecole costituenti l'onda. La seconda causa è un fenomeno, il quale deve avere ben più importante influenza nel moto delle molecole nell'onda. Nei luoghi, ove esistono correnti, ed in quelle, ove esse si generano per l'azione di quel vento istesso che ha formato le onde, si ha un moto di massa nel verso orizzontale, di profondità differenti proporzionate alla causa da cui derivano. Ora questo moto deve alterar quello qualunque delle molecole che costituiscono l'onda. Secondo quanto ne dice C. Conti in caso di *acqua che regolarmente trascorre*, le onde si propagano *come in tranquillo stagno* e camminano colla corrente che le porta. « Locchè significa che ogni particella nel mentre soddisfa al moto ondulatorio derivante dallo scuotimento, continua poi la sua uniforme velocità ». Ma le onde, di cui parla il Conti, sono prodotte dalla caduta di un *sassolino*, e non già create da vento prolungato e forte, la cui azione sopra le molecole dell'acqua si deve comunicare nel verso verticale, e molte volte a profondità molto al disotto dello strato dell'acqua che trascorre orizzontalmente. Dunque tutto ciò dovrà entrare nel calcolo; ma io non mi tratterrò su questa parte della costituzione dell'onda, chè una compita teoria ed una sufficiente esperienza ci mancano. Quindi limiterò le mie investigazioni sul complesso del moto ondoso e sugli effetti di esso in tutto quello che ha immediata relazione colla pratica e nei limiti spettanti alla nautica ed all'idraulica. Inoltre in questi Cenni ho meno in mente di persuadere che di far pensare: il mio principale scopo è quello d'impegnare a trattare un soggetto importante, troppo trascurato finora nella parte veramente utile ai bisogni materiali della vita. Esso degnamente prenderà posto fra le altre osservazioni di meteorologia nautica, che la non mai abbastanza lodata conferenza di Bruxelles del 23 agosto 1853 ha divisato di studiare, secondo lo spirito umanitario-scientifico-commerciale del benemerito suo primo promotore Maury (1).

(1) È noto il nobile scopo di questa conferenza, cui assistettero i rappresentanti di molte marine, come può rilevarsi da una comunicazione di Quetelet inserita nella *Corrispondenza Scientifica in Roma* del 5 gennaio 1854 num. 1. La nostra marineria è stata delle prime ad essere posta in caso di convenientemente concorrere a quello scopo con le sue osservazioni fisiche in virtù della *Istruzione per compilare il giornale meteorologico indicato all'art. 7 della notificazione dell'8 gennaio 1855*, emanata da sua eccellenza. re. monsignor G. Milesi ministro del commercio e lavori pubblici. Io sono sicuro che i capitani si adopreranno con zelo e perspicacia per corrispondere alle provvide viste del governo, e fare onore al paese ed a sè stessi.

10. Il maggior numero degli autori, che hanno parlato delle onde, prendono per esempio quelle che si formano circolarmente per effetto della caduta di un corpo in un liquido; ma il flutto prodotto alla superficie del mare dall'azione del vento, il quale la percuote in un angolo di circa 18° coll'orizzonte, è di altra natura. Quell'azione verticale del corpo caduto, e quella serie di onde circolari sono poco comparabili all'agitazione del mare che ha sempre per causa prima i venti, e le cui ondulazioni si succedono presso a poco in linee rette, parallele e sovente estese di più leghe senza interruzione. Io denominerei artificiale quell'azione e quelle onde, e penserei che gli effetti loro possono solo servire a rendere ragione di alcuni fenomeni che mi parrebbero secondari. E quindi reputo che non debbansi confondere e generalizzare coi fenomeni de' flutti propriamente detti, quelli dedotti dalle semplici ondulazioni o cresse circolari, nelle quali le forze molecolari e l'elasticità esercitano un'influenza molto grande, mentre l'azione esteriore (e quasi sempre continuata) del vento non vi ha parte alcuna. Così non posso neppure convenire interamente con coloro, che stimano legge generale del moto delle onde i fenomeni che si osservano quando esse, provenienti dal largo, si propagano a ridosso del vento e in un bacino relativamente profondo, ove, in superficie tranquilla, si sviluppino liberamente. Io credo che in ogni luogo ed in ogni tempo il vento, se percuote le onde, debba influire sopra i fenomeni di esse, e credo che molta influenza debba avere in questi il non libero sviluppo della massa ondeggiante. L'azione del vento e la reazione del fondo del mare dovranno dunque essere principalmente studiate da chi vuole render ragione degli effetti delle onde: ed in questi studi non bisogna fidarsi molto de' risultamenti ottenuti da esperienze fatte in piccolo, le quali quasi mai non si trovano confermate dalla natura, specialmente quando si tratta di liquidi e di fluidi. *Toutes doivent être appliquées en grand, et vérifiées à la mer, avant que leur solution soit considérée comme complète*, ripeteva, in ricerche simili, con molta ragione Thibault.

Per alcuni fenomeni convengo con de Caligny che, nello stato attuale delle nostre cognizioni, è molto difficile, *pour ne pas dire impossible*, di fare delle osservazioni *directes*; ma credo che si giungerà più facilmente a scoprire ovunque la verità col vedere, raccogliere e studiare lunghe serie di fatti sviluppati dalla natura nel libero esercizio delle sue forze, che coll'attenersi ai fenomeni artificiali. Dopo avere per lungo tempo studiato nel gran libro del mare, dopo aver tranquillamente meditato sulle cose in esso vedute, e dopo aver consultato le opere di accreditati osservatori; un'accurata analisi di tutti i fatti che si congiungono ai fenomeni naturali, ed una sapiente sintesi, nella quale i diversi ordini de' fatti siano aggruppati, devono condurre al vero.

Questa è la via che mi tracciavi, e che, per quanto da me potevasi, ho battuta; ma ben sento di essere rimasto troppo lungi dalla mèta; e perciò ho apertamente dichiarato a che precipuamente miro nello scrivere.

11. L'onda in istato normale può virtualmente considerarsi come composta di due piani egualmente inclinati. Quindi, se mal non mi appongo, si può ritenere con Bremontier e Virla, che un galleggiante (io preferisco dire un bastimento) nell'ascendere l'uno e nel discendere l'altro di quei piani si trovi per la legge della gravitazione ritardato ed accelerato in modo che, se altra causa qualunque non lo spinga, deve restare nello stesso punto, senza aver partecipato al moto di propagazione dell'onda. Ma dopo ciò mi fo sollecito di avvertire che in pratica non credo indifferente cosa aver l'onda favorevole o contraria alla direzione che il bastimento deve tenere, specialmente quando essa è corta ed alta. La forma curva della carena del medesimo riceve una serie di urti dal moto di ascensione delle onde (ritenuto anche che le molecole non descrivano orbite) le cui componenti orizzontali tendono a spingerlo a seconda della propagazione dell'onda. Ma la potenza risultante dai detti urti è ben lungi dal produrre l'effetto d'imprimere al bastimento quella velocità, colla quale le onde si propagano, ed alla quale l'arte nostra non potrebbe opporsi, come pur troppo ci accade nei casi di violenta tempesta o in quelli di venti anche moderati: in questi però presso le spiagge soltanto. Pei primi casi l'esperienza mi fa dire con de la Bèche, « che l'acqua alla sommità de' marosi spinta dall'azione de' venti possiede una terribile forza d'impulsione, forza che si propaga verso la parte inferiore del maroso in ragione della velocità de' venti »: conservando però sempre per principale moto quello di vibrazione. De' secondi casi ne parlerò in seguito: ora mi fermo su i primi.

12. Il Paoli insiste, e ne ravviso il bisogno, in dimostrare, che il vento deve come incarnarsi coll'acqua che prende forma di onda, non solo per l'attrito o fregamento propriamente detto, ma per l'adesione ancora: dappoichè pur troppo, come abbiamo veduto e come accenna anche Minard, vi sono persone elevatissime in scienza, dalle quali si è pensato che non solo in alto mare e in casi di tempesta, ma anche presso il lido i flutti non abbiano punto moto di traslazione progressiva in massa per effetto del vento. De' Rossel parlando delle correnti dice: *Toute impulsion prolongée doit communiquer un mouvement à l'eau de la mer, et déterminer un courant*. Come escludere quindi ogni moto di trasporto nelle onde prodotte dall'impulso di un vento fortissimo e prolungato, ed anche quando la massa ondeggiante non

trova più libero sviluppo per difetto di profondità nell'acqua? Eppure si esclude: ed intanto, la fiducia ispirata da quegli scienziati ha forse compromesso la sicurezza di molti bastimenti e la conservazione di alcuni porti! A quanto il Paoli ha detto sull'influenza del vento, mi si permetta che qui aggiunga alcuni de' fatti a me noti.

Non vi ha dubbio, che in tempo di venti furiosi l'acqua alla superficie de' marosi è sensibilmente spinta in avanti. Spesso si vede la superficie delle grandi onde intaccata da gran numero di piccoli flutti, i quali frangendosi fan biancheggiare il mare: fenomeno da noi indicato col titolo di pecorelle. Non così spesso, ma disgraziatamente troppo di frequente, si vede puranche che i marosi stessi si frangono in alto mare per la resistenza della sottoposta acqua in virtù de' principii medesimi, pei quali si frangono sulla spiaggia e nei cui effetti non avvi che una sola differenza, quella cioè che la resistenza essendo solida sulla spiaggia, i flutti si aguzzano, e franti si precipitano a molta più distanza di quello ch'essi possano fare in alto mare sopra un corpo liquido, poco resistente ed ondeggiante. In questi casi deve esser tanto attivo ed arruffato il moto delle molecole dell'acqua, che la più elevata temperatura del mare, che in essi si sperimenta, è, secondo d'Horsburgh, « probabilmente prodotta dall'agitazione e dallo stropiccio de' flutti, le di cui particelle si riscaldano rotolandosi le une sopra le altre ».

Se col soffiare due venti violenti in direzione opposta si formano due serie di eguali flutti, che una contro l'altra si diriga, e se all'incontrarsi di esse veruno de' due venti ha interamente ceduto il posto all'altro, i flutti si urtano e s'inalzano con violenza tale da assomigliare a quelli, che Malte-Brun chiama *murailles liquides, dont un téméraire navigateur ne saurait s'approcher impunément*. In questo fenomeno deve aver parte l'effetto dello incontro di due correnti, le quali possono fingere di traversarsi, *ma in realtà si riflettono ed in dietro balzano, perchè impossibile è che due corpi passino l'uno per l'altro*, come notò LEONARDO; e come Lartigue, dai suoi studi sopra i fenomeni delle correnti marine, ha dedotto, cioè: *La rencontre des deux courans n'occasionne qu'un léger clapotis, lorsqu'ils sont faibles; mais s'ils ont une grande vitesse, leur choc élève les eaux de la même manière que si elles rencontraient un haut fond*. In vece senza vento, tanto fa a muoversi l'onda contro all'altra, quanto muoversi l'un'onda per se nell'acqua immobile, come osservò lo stesso LEONARDO, e come ha confermato Poncelet con più recenti esperimenti.

Sembrerebbe da un fatto registrato da E. Rodriguez che la legge ricavata da queste esperienze di LEONARDO e di Poncelet possa in mare essere turbata. In effetto il Rodriguez, basato sull'autorità del capitano Clas, ci racconta che « nelle calme delle Canarie, dove il mare non movendosi nella

stessa direzione di quello di fuori, anzi trovandosi per lo contrario in riposo, resiste all'impeto dei flutti che vengono dal largo, e questa resistenza è cagione che essi si rompono come se frangessero sulla costa, salvo benvero la diversa potenza dell'ostacolo. Questo frangere delle onde s' esperimenta solo nell'entrare delle calme, ma, una volta oltrepassato questo limite, il mare si rabbonaccia perfettamente». Se però in quel paraggio vi fosse corrente, come io m'induco a credere, questo fatto non sarebbe più una eccezione a quella legge, perchè passerebbe a far parte di un'altra categoria di fenomeni, cioè: Ove l'acqua non sia immobile, ossia ove esista corrente in direzione opposta a quella di propagazione delle onde, queste sono più ritardate nel loro moto di traslazione di quel che lo sieno in acqua quieta, e possono puranche frangersi per causa del ritardo stesso. Difatti LEONARDO ci ha detto: *Le onde rampono contro il corso del fiume e non mai per il verso del suo corso*: ed altrove: *L'onda del mare rompe contro l'acqua che refugge dal lido, ove è percossa, e non contro al vento che la spinge*. Emy ha pur egli notato che: *Il arrive quelque fois, à l'embouchure d'un fleuve, que la vitesse des ondes venant de la mer est sensiblement égale à celle du courant fluvial, les ondes forment alors sur la surface du fleuve des bourrelets immobiles à la forme des quels le courant est forcé de se plier*. Reibell registra la stessa cosa. Ed il citato Rodriguez ci narra che « il capitano signor Keilor essendo ancorato nella rada inglese (Isola del capo Verde), osservò in un momento di calma un lungo mare che frangeva in tutti i punti della baia, ed una violenta corrente che da questa si dirigeva in senso opposto del mare, e con tale un impeto che i frangenti venivano spesso sul ponte del bastimento ». Egli è vero che nei surriferiti infrangimenti, o ritardi nel moto di propagazione, può prendervi anche parte la reazione del fondo del mare, perchè, nella profondità di acqua ove costesti fenomeni si sono verificati, eredo che la base delle onde non abbia libero sviluppo. Ma io non dubito punto che simili ritardi od infrangimenti, accadano pur anche in profondissimo mare. Ecco un esempio altrui senza citar quelli che mi sono personali. A. Du Petit-Thouars nella traversata dalla Nuova-Zelanda alla Nuova-Olanda ha per più giorni incontrato *une grosse mer incommode, qui souvent déferlait au sommet de la lame semblable à celles que l'on éprouve dans les détroits où le courant est violent*, ed i venti *soufflent dans une aire de vent opposée à leur direction*.

Ritengo inoltre per certo, che in tempo di fortuna, cessato il vento che ha prodotto i marosi, e sottentratone all'istante un altro egualmente violento in direzione opposta, se sempre non cessa subito l'ondulazione, cessa però sempre, quasi istantaneamente, alla superficie il trasporto progressivo in massa nella direzione del vento che regnava. Du Guay-Trouin racconta che un gran

vento di nord avendolo gettato sulla costa presso San Malò, era per far naufragio, quando il vento tutto in un colpo saltò al sud, e che questo cambiamento placò subito la tempesta e l'agitazione de' flutti. *Comment*, dice Minard che riporta questo fatto, *comment concevoir cet effet, si le vent n'avait pas une action directe sur les vagues*? Nel 1837 io era per perdermi sulla costa orientale dell'America meridionale presso Bahia con vento impetuosissimo e grosso mare di traversia; quando tutto ad un tratto scoppiò una tempesta da terra. Avendo perduto gli alberi di gabbia, reso inservibile il bompresso, e fatte altre avarie, non si potè spiegare al nuovo vento che la sola vela di trinchetto co' terzaruoli presi. Ebbene, questa bastò per allontanare sollecitamente il bastimento da terra, quantunque i marosi seguitassero dalla parte di fuori, ed il bastimento si trovasse sopraccaricato dalla molta acqua entrata nella stiva. Come ciò poteva aver effetto se, come durava l'ondulazione verso terra, avesse anche durato il trasporto progressivo in massa nello stesso verso? Questo dovè esser cessato col cessar del vento, ed anzi incominciato l'altro, superficialmente, nel verso opposto; cioè nella direzione del nuovo furioso vento: il quale altro moto mi era fatto manifesto dal frangere de' piccoli flutti incisi sulla superficie della vecchia onda e spinti contro la propagazione di essa. Il bastimento era di 500 tonnellate; e, secondo gli scandagli del Roussin, la profondità in cui si trovò il bastimento stesso non fu mai minore di circa 230 metri.

È noto che il vento, come osserva Huot, caccia le acque dell'Oceano indiano nel mar Rosso, e che quivi, al dir di lui, si trovano, a marea bassa, 8^m, 12 più alte del livello del Mediterraneo; differenza invero esagerata, ma che ridotta anche alle recenti misure di Bourdaloue, 2^m,61, ed a quelle recentissime di Linant-Bey, 2^m,43, resterà sempre di sensibile valore per la ricerca che mi occupa, come dimostrano anche Stafford-Bettesworth Haines e C. de Kerhallet. Si sa che la celebrata *corrente litorale* del mare Adriatico viene, secondo che ha registrato il Marieni, « non poco alterata dai venti gagliardi, particolarmente allorchè vanno mancando dopo aver soffiato per due o tre giorni, producendo questi in tal caso o una corrente contraria alla generale, ovvero accrescendone la forza ». Fenomeno che verificasi anche nel Tirreno, come si dirà in seguito. È noto che Bayfield ha fatto vedere, che un vento di tempesta rompe per qualche tempo la celebre corrente del golfo del Messico (*Gulf-stream*) e ne mescola le acque con quelle più fredde e più profonde: e che W. C. Redfield è indotto a concludere che, di buon tempo e di mare tranquillo, la larghezza termometrica di detta corrente può esser molto più grande che nei cattivi tempi, e che essa è molto più stretta nei suoi limiti dopo una gran tempesta. Si sa che il vento è atto

a produrre una specie di marea lungo le coste e nel fondo de' golfi: ch'esso ha potenza pur anche di produrre delle sensibili variazioni accidentali nelle vere maree dovute all'attrazione della luna e del sole, in guisa che quelle delle quadrature possono essere tanto alte, e più alte ancora di quelle delle congiunzioni, come per l'Adriatico dedusse Toaldo dal giornale meteorologico tenuto dal Temanza, e come Smeaton osservò per l'Oceano. È noto che per effetto del vento si ha dislivello nelle acque de' laghi, come avvertì il Castelli, e con ripetute osservazioni ha confermato il Lombardini: che per il vento, come riferiscono Francklin e Rennell, le acque di un gran bacino, largo 10 miglia e profondo 90 centimetri, si erano tutte accumulate da una parte, dimodochè in questa vi erano circa 2 metri di profondità, mentre che nella parte opposta, cioè in quella donde veniva il vento, il bacino era a secco: che per esso nel mare di Azof, quando soffia violento da est, l'acqua ritirasi in tal notevole modo, che al popolo di Taganròk è permesso di effettuare il passaggio a piede asciutto alla costa opposta (*on dry land to the opposite coast*) situata a circa 14 miglia distante; e cambiando vento, il che accade istantaneamente, le acque ritornano con tal rapidità al loro naturale letto che molte vite si perdono e de' piccoli legni naufragano come racconta E. D. Clarke. È noto che il vento è una delle cause precipue delle vaste correnti *costanti* da *Colombo* per tali classificate, e da A. de Humboldt qualificate *per veri fiumi che solcano i mari* e scorrono isolati fra liquide sponde che pochissimo o nulla partecipano al loro moto, come notano pur anche Maury e A. Secchi: che il vento è la causa unica che produce le correnti *periodiche* e quel numero infinito di *momentanee* generate dai venti forti e prolungati anche nei mari freddi, ove le acque essendo più pesanti tardano più che nei mari caldi ad obbedire all'impulsione. È noto che, quantunque il vento non ritardi tanto le acque correnti de' fiumi quanto voleva il Castelli ed anche Guglielmini (benchè in grado molto minore), sembra però certo, che *agisce contro il corso di essi, e gli obbliga a maggiori rialzamenti*, come ha dimostrato il Zendrini: che secondo la direzione del vento cambia nel mar Caspio e nel Sund il peso specifico e la salsezza dell'acqua pel trasporto che imprime alla massa liquida: che il vento forma e trasforma con *étonnante rapidité* delle onde di 6 a 8 metri di altezza e di 100 a 130 di lunghezza, come ha registrato de Tesson: ch'esso è causa prima che pone in moto ondulatorio masse di acqua anche più enormi, colle quali si formano marosi di 10 a 12 metri di altezza, di 300 a 400 metri di lunghezza e di oltre 40 miglia l'ora di velocità di propagazione (1): che *veste*

(1) In tutta questa Memoria intendo parlare di miglio nautico, il quale è di 1851^m, 88. La velocità di un metro per secondo di tempo corrisponde a un miglio e 94 centesimi per ora.

l'onda massima d'innumerabili altre onde, le quali si muovono in divergi aspetti, come ha osservato LEONARDO: che ne mozza le creste e ne trasporta l'acqua in forma di polvere: che cotesti marosi, come sanno i marinieri, e come Reibell ha notato, sono *bien plus élevées et plus dangereuses*, quando il vento soffia da terra che quando esso è *dans le même sens que l'ondulation*; e ninno ignora che ha possa di abbattere alberi e scoperechiare edifici.

Nè ciò è tutto, perchè, quantunque l'esperienza richiesta dal Van-Beek sulla facoltà dell'olio di sedare le acque del mare agitate dalle burrasche non abbia sortito il pieno effetto che si proponeva, pure (e nel limite che sono per dire conviene anche il Frisi) per me non vi ha dubbio ch'egli abbia ragione di sostenere, che per quella sorta di membrana, in che gli oli e le sostanze grasse si conformano alla superficie dell'acqua, i venti cessano di esercitare quell'adesione, quella sorta di affinità naturale, che ha effetto fra l'aria e l'acqua; e Pouillet, sulle osservazioni dello Scoresby relative alla formazione de' ghiacci in alto mare, dice: *Dès que les premiers embryons des cristaux deviennent perceptibles, la mer se calme comme si l'on avait repandu de l'huile à sa surface*. Io non citerò inoltre Aristotile, Plinio, Plutarco, Donati, Franklin, Lelyveld, Kant, Weber ed altri d'accordo in tutto o in parte col Van-Beek, e solo ricorderò, che i pescatori di ogni paese coll'uso dell'olio ottengono la cessazione dell'increspamento prodotto dal vento sulla superficie del mare, e possono così vedere nel fondo e pescarvi. Nè basta ancora.

È noto che al sud-ouest delle Azores esiste una zona di erba marina galleggiante (*Sargassum bacciferum*) di superficie equivalente a quella della Francia, e molto più vasta ancora, secondo il Meneghini. Questo *mare erboso*, questo *prato galleggiante*, composto di erba secca e fresca, come notò COLOMBO, dopo essere stato da molti naviganti ripetutamente osservato con speciale cura per oltre 40 anni, il Rennell ha trovato che *non cambia di posto nè in latitudine, nè in longitudine*; e de Humboldt, discutendo le osservazioni di COLOMBO, ha fatto risalire questa rimarchevole circostanza d'immobile situazione alla fine del quindicesimo secolo. Arago, parlando di questo *mer de varec*, si fa a richiedere che si spieghi *à l'aide de quel artifice, sur une aussi grande étendue de mer, les eaux échappent si complètement à l'action des vents et des courants*, di modo che più centinaia di anni n'aient pas suffi à l'entière dispersion des plantes qui s'y trouvaient rassemblées à la fin du 15^{me} siècle lorsque les caravelles de COLOMB les sillonnèrent pour la première fois. A me sembra poter rispondere in modo soddisfacente, e nel tempo stesso venire per analogia in appoggio all'effetto prodotto dall'olio ed altre sostanze interposte fra l'acqua e l'aria. Lunga esperienza ha provato, che questo immenso ra-

dunamento di erba trovasi a ridosso della citata corrente *Gulf-stream* e di ogni altra corrente costante. Eguale esperienza ha pur anche provato, che nei paraggi o zone di mare di superficie uguale, o più o meno estesa di quella del mare erboso, e come questa privi di correnti costanti, col soffiare i venti si creano le correnti periodiche o momentanee. Ora perchè, essendo tutte le altre condizioni eguali, non si creano eguali correnti nel prato marino? È mio subordinato parere, che questo diverso effetto si verifichi perchè il vasto strato o campo di erba frapposto fra la superficie del mare ed il vento non permette a questo di esercitare quell'adesione, quell'uniforme e prolungato impulso che si verifica fra esso e l'acqua nei mari liberi da quest'ostacolo; e così, non creandosi ivi correnti di sorta alcuna, non ha moto alcuno di traslazione l'erba che vi galleggia; ben inteso che siffatta immobilità ha luogo soltanto nella massa compatta del ripetuto prato marino, in quella parte cioè ove il mare è tanto coagulato di erba, secondo l'espressione usata da *COLOMBO*, che gl'inesperti compagni di lui ne furono spaventati, perchè in realtà i bastimenti a stento la traversano. I lembi sono al certo lacerati; quivi delle liste o fasci di *fucus* sono spostate dai venti e dalle correnti, ed oscillano con questi motori, come pur da me si è per otto volte verificato. Ma il laceramento, il distaccamento ed il rattoppamento de' lembi non abbatte punto, credo io, la mia argomentazione. Anche la maggior salsezza che trovasi nelle acque sotto il detto prato, conseguenza, secondo il citato de Humboldt, della più elevata temperatura che ha l'acqua in cotesta vasta superficie a confronto della temperatura del circostante Oceano, è per me un'altra prova che le molecole di tal massa liquida non hanno moto, quindi della mancanza di azione del vento sulla medesima. Secondo de Tesson, *cette augmentation de temperature ne peut qu'être attribuée qu'à une influence du Gulf-stream*. A me invece sembra che se questa calda e vigorosa corrente vi agisse direttamente, non si potrebbe verificare la immobilità e la speciale postura di quella massa galleggiante; indirettamente poi non credo possa averè influenza in una sì vasta massa per la poca conducibilità del liquido; e la più bassa temperatura del circostante Oceano ne è anche una prova. Ammessa l'immobilità dell'acqua in quella condizione e località, mi pare che abbiamo motivo sufficiente a spiegare il maggior calore di essa in confronto della confinante, la quale è sottoposta a moti diversi.

Questo assunto inoltre può essere appoggiato pure, giusta il mio avviso, da un altro fatto di simile natura registrato da P. Monnier. In alcune parti del canale della Manica e del mare del nord, da Bréhat a Dunkerque, si vedono galleggiare a livello del mare de' *fucus* della specie chiamata *filum*. Le strisce, ch'essi formano, si dispongono nel senso delle correnti principali della marea con larghezze diverse, e più di una di esse ha fino a 5 o 6 leghe di

lunghezza. Esse sono stazionarie in quel punto ove il flusso e riflusso forma *une zone de repos....* e ripetute esperienze hanno provato che *les coups de vent ne les font pas disparaître des lieux où elles stationnent habituellement.*

Finirò su questo proposito con una osservazione che traggo dalla Sommerville e che l'esperienza mi ha costantemente confermata: « Quando l'aria è umida , diminuisce in essa l'attrazione per l'acqua , e per conseguenza la frizione; da ciò proviene che il mare non è tanto arruffato nel tempo piovoso, quanto lo è nel secco ».

Io credo adunque che anche questi fatti provino l'azione immediata che il vento esercita sulla massa liquida, giacchè l'azione cessa quando la massa liquida viene sottratta all'influenza del vento.

13. Dopo la conoscenza di tutti questi effetti, come convincersi che il vento nel solo flutto non debba mai produrre sensibile moto di trasporto nelle molecole di cui si compone l'onda, e ciò anche quando la profondità del mare non permette libero sviluppo alla massa di acqua ondeggiante ? Io non posso persuadermene , perchè dai fatti sopra esposti e dalla pratica che ho della navigazione mi si fa manifesto, che nei casi di tempo forzato, non solo presso il lido ma anche in alto mare, il moto ondulatorio è animato anche di moto di reale trasporto. Dunque in questi casi si deve far entrare nel conto di stima del bastimento l'elemento di trasporto dovuto ai marosi; il quale sarà più o meno notabile secondo la forza e durata del vento , ed atto a superare in alcuni casi tre miglia l' ora. Con questo nuovo studio di trasporto forse si giungerà a diminuire il numero di talune correnti che crediamo esistere, perchè sarà determinata la vera causa di alcuni trasporti, i quali, dedotti come d'ordinario dalla differenza del cammino di stima con quello osservato, ovvero dal rinvenimento di bottiglie gettate in un dato punto ed in un altro raccolte , si ritengono per correnti, mentre in fatto non sono che movimenti parziali e temporanei dovuti alla forza e durata del vento ora in questa, ora in quella direzione. Per questa via sarà data per molti casi spiegazione a quell'*agente occulto*, come lo chiama Macarte, a quelle stravaganze di forza e di direzione che verificansi anche nei paraggi di correnti costanti; stravaganze che sorprendono, inquietano, tal volta compromettono la navigazione, ed hanno fatto dire a Vincendon Dumoulin, nel render conto delle *routes des corvettes l'Astrolabe et la Zélée*, comandate da J. Dumont d'Urville, nel *Voyage au pôle sud et dans l'océanie*, che *le lecteur sera peut-être étonné des différences qu'il pourra remarquer soit dans la force, soit dans la direction des courants conclus des routes des corvettes; mais nous croyons devoir prévenir d'avance que tous ces calculs ont été revus avec soin, et que ses ano-*

malies doivent nécessairement se rapporter aux erreurs des estimés faites avec le lock et la boussole, e, principalmente, mi sia lecito di soggiungere, perchè non si è tenuto conveniente conto del moto di trasporto di massa dovuto ai marosi.

Ed in vero; prendendo ad esame, fra i tanti, uno de' fatti riferiteci dal Rodriguez, ed un'altro dal de Tissan, spero che si troverà a sufficienza convalidato il mio soggiungimento. Il vascello di S. M. britannica il *Winchester*, leggo nel primo, *dopo forti venti da ponente . . . burrascosi di SO. che soffiarono per più giorni . . .* e nel 10 luglio con venti varianti dal N. all'O., osservò che *la corrente nel periodo di 24 ore lo aveva trasportato per 130 miglia a levante*. Il *Winchester* trovavasi a 7° di latitudine N., ed a 26° di longitudine O. di Greenwich. « In questo paraggio, soggiungerò con lo stesso Rodriguez, il generale risultamento delle osservazioni, comunque non raggiunga una grande precisione, pure si accorda nel medio a dar gli effetti di 7 a 9 miglia al giorno di trasporto alla corrente *procedendo all'ouest* ». Niuno potrà dubitare, dirò ora io, che a bordo di quel gran bastimento da guerra tutti gli elementi di stima non fossero tenuti a calcolo colla maggior precisione possibile, e che perciò le 130 miglia di anomalia non si debbono accagionare a difetto di buona stima dello scaroccio, nè a quello di accuratezza sul cammino dedotto dal solcometro, nè a neglientata imperfezione della bussola e nè a disattenzione del timoniere. In una parola tutto mi fa credere che quel trasporto fu principalmente dovuto ad un movimento speciale di massa alla superficie dell'acqua. Ora come poter spiegare per corrente propriamente detta tutto quel trasporto in sì breve tempo? Se C. Philippe de Kerhallet notava, parlando della corrente di Mosambicco la cui velocità è fra 18 e 28 miglia in ventiquattro ore, ma da alcuni capitani *trouvée de 139 milles, dans de circonstances particulières*, notava dico che *il n'y a pas d'exemple d'une pareille vitesse de courant, si ce n'est pour le maximum de vitesse observé dans le Gulf-stream*, quanto più notabile, o per meglio dir stravagante, sarebbe il fatto del *Winchester* accagionandolo a corrente ove la corrente regnante ha direzione opposta a quelle del trasporto da lui sperimentato? Prima di trarre conseguenza da questo fatto passiamo all'altro, chè una sola conclusione li abbraccia entrambi.

Dal de Tissan si deduce che la fregata la *Venere* il giorno 10 aprile 1837 essendo nella latitudine 49°46' S. e nella longitudine di 80°46' O. di Parigi, si trovò trasportata di miglia 30,7 nella direzione di S. 80° E. in 24 ore. Niun dubbio al certo si può avere che, come a bordo del vascello inglese così a bordo della fregata francese, non siasi tenuto scrupoloso calcolo de' soliti elementi di stima. Anzi è da ritenersi che il trasporto totale della fregata sia stato di miglia 47,5, dal quale dedotti sette decimi di miglio l'ora per

il trasporto dovuto al maroso, dal de Tissan ammessi in simili casi come fra poco dirò, è restato quello di 30,7 classificato da lui per corrente. Da speciali e convenienti esperimenti fatti dalla fregata stessa, si deduce che in quel paraggio la corrente costante va verso il nord. Difatti il 4 aprile nella latitudine 57°16' S. e longitudine 84°34' O. il de Tissan riferisce che in un tempo perfettamente calmo, mentre il bastimento non aveva *aucun mouvement par rapport à l'eau de la surface*, fu gittato il piombino sino a 3720 metri di profondità, e *la ligne est restée parfaitement à pic*; ma il bastimento *était alors emporté vers le N. 2° E. avec une vitesse de un demi-mille à l'heure*; quindi egli ne dedusse una corrente di 12 miglia in 24 ore in quella direzione, e si persuase che *ce courant est un courant de masse*, per lo meno fino a quella profondità partendo dalla superficie del mare. Il 16 ed il 24 dello stesso mese nelle latitudini di 43 e di 34 gradi sud furono ripetuti gli scandagli a profondità di 1780 e 290 metri, e sempre *la ligne est restée parfaitement verticale, quoique le bâtiment fût, sans aucun doute, porté vers le nord, comme dans les jours précédents . . . avec une vitesse d'un mille à l'heure environ: ce qui prouve encore que ce courant est un courant de masse e non pas uniquement un courant superficiel*. Questi esperimenti di corrente, fatti con un metodo preferibile ad ogni altro, in circostanze le più favorevoli e poco prima e poco dopo il 10 aprile, mi provano adunque che il bastimento nel giorno in cui cade la mia ricerca, si trovava in una corrente di grande altezza dalla superficie a basso, dimodochè non può *être considéré*, come osserva Arago, *comme une simple rivière superficielle d'eau froide*, ma si deve ritenere come prodotta *par une section considérable des mers polaires, marchant majestueusement du sud au nord*. Dopo ciò come poter spiegare per corrente, e porla fra le altre che realmente sono tali, quel trasporto in 24 ore di 31 miglio al S. 80° E., cioè in direzione normale alla dominante corrente, la quale, inoltre, per essere di acqua fredda e di gran massa non facilmente cede all'azione del vento? Ma se passo a consultare lo stato del mare e la direzione del vento nel giorno preso ad esame ed in quelli antecedenti ad esso. prossimi, io trovo per me una evidente causa a quel fenomeno. Il mare fu *houleuse e grosse* ed il vento nella media direzione di ouest *bonne brise e frais*. Così essendo, i flutti, in questa accidentale combinazione di grosso mare e forte vento, animati di trasporto di massa alla superficie, trasportarono il bastimento nella loro direzione nella totalità di miglia 47,5, e non di 16,8 come il de Tissan accenna.

Egli è però che io concludo per questo e per l'altro fatto del *Winchester* qui registrato, e per la lunga serie degli altri eguali o simili, che conveniente spiegazione al fenomeno in discorso può solo trovarsi nell'ammettere

rilevante moto di massa alla superficie dei marosi, ed in questi casi, anche ove la profondità del mare permette ad essi libero sviluppo per ogni verso.

Vengo ora ai secondi casi, di cui sopra.

14. Che il moto in alto mare non sia sensibilmente progressivo in massa quando soffia il vento mite o di forza moderata, luminosi fatti giornalieri me lo fan credere, e me ne sono pienamente convinto di persona nel non breve esercizio dell'arte mia. I soli casi di vento violento fanno eccezione a questa verità. Se il moto di traslazione dell'onda fosse sempre reale e non apparente; il mare avrebbe la indole de' più sfrenati torrenti; la sua superficie sarebbe un assieme di acque correnti di larghezza, lunghezza, direzione e velocità diverse, quanto sono vaste le zone, le durate, le direzioni e le forze de' vari flutti che si sviluppano sul mare.

15. Ed in vero l'esperienza ci prova che con vento forte, ma non straordinario, la velocità dell'onda è di 4 metri per secondo di tempo, e sappiamo che Vionnois l'ha misurata giungere nelle tempeste a 20 metri per secondo nella baia di s. Giovanni di Luz. Ma tenendomi al caso di vento ordinario, ho dunque otto miglia nautiche l'ora di velocità nel moto dell'onda. E però, un bastimento (supposto che non vi siano altre cause di moto), per il solo titolo di traslazione progressiva in massa delle molecole dell'onda filerebbe otti nodi l'ora. Se così fosse, cioè se il moto apparente dell'onda fosse sempre reale, il mare non sarebbe utilmente navigabile, e solo nei casi di vento in poppa sarebbe praticabile. Invece si vede tutto giorno che i bastimenti velieri con vento fresco e mare contrario, proporzionale alla forza del vento, possono bordeggiando guadagnar sopravvento; il che non si verifica, anche col mare calmo, quando una corrente sia contraria ed abbia più di un miglio di velocità per ogni ora. Anzi il bordeggiamento, *manoeuvre importante* e di tanto onore ad Andrea Doria che nel 1520 la inventò e la eseguì come nota A. Thevenard, si rende nullo puranche in una corrente contraria di un miglio l'ora per il comune de' bastimenti di commercio. De Tesson, trovandosi un giorno con una barca corallina nella parte nord del capo Bougaroni, ove la corrente ha 2 miglia l'ora di velocità da ouest ad est, e volendo scandagliare il fondo, aveva solamente fatto imbrogliare la vela senza serrarla; egli notò ch'era *emporté rapidement contre le vent qui était cependant assez frais*. Bérard racconta, nel corso de' lavori idrografici sul litorale dell'Algeria da esso lui diretti, *avoir tenté plusieurs fois, mais inutilement*, di bordeggiare con i venti di ouest presso il suddetto capo per montarlo. Lo stesso Bérard ha registrato inoltre che nel tempo della crociera

(dal 1827 al 1830) la divisione navale si teneva nel meridiano di Algeri. Ivi la detta corrente ha una velocità media di circa mezzo miglio l'ora. Ebbene, questa posizione era facile a conservarsi con i venti dalla parte di est, perchè se uno o più de' bastimenti per causa qualunque si trovava sotto vento riprendeva facilmente il suo posto: invece co' venti da ouest era necessitato a correre delle lunghe bordate al largo per ritornare al suo punto. Nei viaggi non facciamo mai entrare nel conto del cammino del bastimento il rilevantissimo moto di propagazione delle onde come moto di trasporto: noi prendiamo nota dell'urto soltanto facente parte dello scaroccio che dalla scia si stima, e (meno casi di burrasca) ci troviamo relativamente bene. Nè ciò può risultare per un tal qual compenso prodotto nei viaggi dalla variabile direzione de' flutti, perchè molti esempi potrei citare fuor del caso della possibilità di questo compenso, specialmente dedotti da ripetuti piccoli viaggi da me fatti con legni a vela e con piroscafi, in acque morte, in quelle agitate dalle onde, e nelle correnti. Di più cogli stessi piroscafi avendo io nel 1842 dall'Oceano sboccato nel Mediterraneo a traverso alla Francia, e giunto da Londra a Roma percorrendo mare, fiumi e canali, ora armato di ruote ed ora senza, colla forza motrice di vapore, di vela, di uomini e di cavalli, ho potuto verificare il fenomeno dell'onda solitaria, e raccogliere dati di confronto che mi somministrano lumi non dubbi anche per la questione che tratto.

Non ostante che i sopra accennati fatti non possono lasciar dubbio alcuno sulla verità del niun moto notabile di trasporto nell'acqua costituente l'onda in questi casi, pure è necessario avvertire che sonovi autorità rispettabilissime le quali ammettono quel trasporto.

Fra coloro che vogliono *sempre* esistente il moto progressivo ed in massa nelle molecole che compongono l'onda, trovo i nomi di tre chiari autori che più degli altri in modo esplicito ne trattano; quindi meritano speciale considerazione. Questi sono, un ingegnere inglese (A. Stevenson), un geologo italiapo (D. Paoli) ed un ingegnere francese (A. de Caligny). I primi due non potendo non riconoscere che i bastimenti in effetto *non seguono pari passo il cammino delle onde*, si sforzano spiegare questo fatto, l'uno con credere che per *deficienza di attrito il bastimento non è abbastanza rattenuto alla superficie dell'onda*, l'altro coll'asserire che *le onde debbono vincere la resistenza dell'acqua che si para innanzi ad esse*. Ma se in realtà l'acqua si muove progressivamente in massa, io non so concepire questa deficienza di attrito; e se le onde precedono il bastimento, io non so intendere questa resistenza dell'acqua. Il bastimento, come in ogni altra corrente, non potrebbe non essere trasportato, e per lo meno, colla stessa velocità con cui si muove la massa dell'acqua. Il terzo non pretende che il moto progressivo delle mole-

cole sia eguale a quello di propagazione delle onde: egli lo limita ad un *réel* moto di trasporto *sensible*; asserisce che i marini *en tiennent compte* nel calcolo della loro rotta *comme l'a remarqué M. de Tesson dans son ouvrage sur le voyage de la Vénus*, e crede cotesto moto indubitabile perchè *sans cela il serait assez difficile d'expliquer le mouvement apparent*. Io non mi fermerò su questa sua credenza, ma sibbene su quella sua asserzione, la quale così assoluta e non sottoposta alle notevoli e numerose eccezioni cui va soggetta, distrugge quanto io ho detto ed ho creduto di provare con fatti.

Non piccola fu la mia sorpresa quando lessi il citato passo di de Caligny: e come poteva non maravigliarmene? Nei trattati di nautica non mai in modo esplicito ho letto, nè dai miei maestri mai mi è stato proposto a regola, tener conto nel cammino del bastimento di sì fatto moto di trasporto; nè mai esso si registrava dai capitani, sotto i quali io ho servito. Con ciò non intendo di escludere che in qualche trattato vi possa essere esposto il moto in discorso, cioè di continuato trasporto. Io al certo non ho letto tutti i trattati di nautica; ma quelli che ho avuto ed ho sott'occhio sono senza dubbio de' più accreditati fra gli antichi ed i recentissimi, e sono sicuro che in essi non si trova stabilito quando le onde hanno moto di trasporto, nè quanto sia questo moto; in una parola, ivi non si danno norme per siffatto moto; mentre, perchè i marini ne tenessero conto, si dovrebbe trattar di esso come si fa delle correnti, della deriva eccetera. Ecco in nota la lista de' tratti cui alludo (1). Di tutti gli autori in essa citati il solo Mikocz accenna ad un va-

(1) J. W. Norie: *A complete set of nautical tables* ec. (1810). J. Greenwood: *Rudimentary treatise on navigation* (1850). — M. Pimentel: *Arte de navegar* (1762). A. G. de Freitas: *Tratado de navegar* (1823). M. V. Do Couto: *Astronomia spherica e nautica* (1839). A. Lopes de Costa Almeida: *O piloto instruido* ec. (1839). — J. de Mendoza y Rios: *Tratado de navegacion* (1787) e *Coleccion de tablas para varios usos de la navegacion* (1800). Macarte y Dias: *Lecciones de navegacion* ec. (1801). G. Ciscar: *Curso de estudios elementales de marina*: T. IV che contiene il *Tratado de pilotage* (1834). — G. Fournier: *Hydrographie contenant la théorie et la pratique de toutes les parties de la navigation* (1643). Bouguer: *Nouveau traité de navigation* (1753). De Fleurieu: *Voyage sur la frégate l'Isis* (1773). De Verdun de la Crenne: *Voyage sur la frégate la Flore* (1778). Le Gaigneur: *Le pilote instruit* (1781). Romme: *L'art de la marina* (1787) e *La science de l'homme de mer* (1800). J. la Lande: *Abregé de la navigation historique et pratique* ec. (1793). De Rossel: *Voyage de Dentrecaesteau* (1808). Bézout e de Rossel: *Traté de navigation* (1814). Lassale: *Traité élémentaire d'hydrographie* (1817). Dulague (più sotto citato). Guépratte: *Problèmes l'astronomie nautique et de navigation* (1822). I. A. Mazuro-Duhamel: *Construction et usage de quelques tables particulieres pour abrégé les calculs d'Astronomie nautique* ec. (1825). Ducom: *Cours complet d'observations nautiques* (1835). Givry: *Mémoire sur l'emploi des chronomètres* ec. (1840). Pagel: *La latitude par les hauteurs hors du méridien* ec. (1847). — P. Da Medina: *Arte del navigare* (1609). G. Paganini: *Trattato della sfera ed introduzione della navigazione* (1750). Pezenas: *Elementi dell'arte nautica* (1754). Brunacci: *Trattato di navigazione* (1819). G. Tonello: *Corso ristretto di navigazione teorico-pratico* (1827). G. A. Mikocz: *Il corso di navigazione teorico pratico* (1833). Lam-

lore di moto prodotto dall'urto *del mare*: « Alle volte, egli dice, quando la nave corre in poppa con grosso mare, il triangolo viene spinto dall'onda verso la nave, e perciò essa dimostra di fare meno cammino, quindi si accorda per ogni 10 miglia un miglio in favor della nave ». Ma credo che debba farsi distinzione fra il moto dell'urto delle onde di cui egli parla, e quello di *trasporto continuato* di esse, del quale io tratto: il primo si può, nella maggior parte de' casi, dedurre dalla scia, ossia è compreso nello scaroccio; il secondo è l'incognita cercata. Inoltre, il dieci per cento di valore dato da lui al detto urto non può essere generalizzato per tutti i casi di onda in poppa.

Arago, colla solita sua accuratezza e con speciale impegno, rendendo conto all'accademia delle scienze di Parigi de' lavori scientifici del citato viaggio intorno al globo su la fregata la *Venere*, facea pur noti gli studi fatti in cotesto viaggio sul moto ondoso del mare; ma nulla disse del moto di trasporto, di cui mi occupo. Eppure esso meritava particolare menzione. Così dai tre professori, Bernard, Minard e Frissard che, dopo pubblicato il suddetto viaggio, si sono succeduti per dettare lezioni nella scuola degl'ingegneri francesi, e che diffusamente han parlato delle onde marine, non si fa parola del costante moto voluto dal de Tessan e dal de Caligny. Che se Minard *dans les plus grands vents* ammetterebbe nelle *vagues une vitesse horizontale notable*, non richiama o stabilisce un canone, ma solo accenna ad una sua idea in quella condizione di tempo, perchè in massima egli crede che *la vitesse des courants n'est pas altérée par le mouvement des vagues*, il che esclude ogni moto di trasporto nei flutti. L'ultimo poi, cioè il Frissard, quantunque posteriore anche alla pubblicazione del de Caligny, non manca di ripetere che *au large, le mouvement des vagues n'est qu'apparent... le fluide n'est pas déplacé*, ed immobile lo crede, senza fare eccezione per una forza qualunque del vento; e se presso il lido ammette moto di trasporto, pare che lo creda solo molto in terra, perchè parlando delle correnti di marea asserisce, che *ils sont indépendants des vagues*. In fine esserverò che uno de' più dotti navigatori francesi, Duperrey, tre anni dopo la pubblicazione dell'opera di de Tessan diceva all'accademia delle scienze di Parigi, che il moto di traslazione delle onde in alto mare è *simplement apparent*, e che uno de' più distinti idrografi, Keller, quattro anni più tardi confermava, che i corpi galleggianti non *participent sensiblement au déplacement horizontal apparent des ondes*.

Questo unanime silenzio, e contrario avviso, de' precettori di Francia

berti: *Lezioni di navigazione*; traduzione dal Dulague con aggiunte (1850). V. Gallo: *Trattato di navigazione* (1851) e *Guida dei naviganti al lungo corso* (1853). G. Giacchetti: *Il pilota in altura* ec. (1855).

sull'asserzione di de Tessan e di de Caligny mi consigliavano a non tenerne proposito; ma riflettendo alla fama di questi due nomi, e all'importanza della questione, mi sono creduto in dovere di provvedermi l'opera del primo. In questo solo modo poteva apprendere sopra quali fatti ed argomenti si basava l'asserzione di lui. Ecco il risultamento delle mie ricerche. De Tessan pubblicò un articolo *sur la formation et la propagation des vagues*; ma, a parer mio, lascia molto a desiderare; tanto più ch'egli stesso riconosce esser questa *théorie bien peu avancée et bien digne cependant d'attirer l'attention des géomètres et des ingénieurs*, e de' marini aggiungerò io. Ed è pur mio parere, che per troppa modestia egli inviti altri a trattar questo soggetto, mentre non è facile che altri possa riunire tutte le belle qualità da lui possedute per esaurirlo. Relativamente alla questione che mi occupa, ecco tutto quello che ne dice. *Un petit mouvement de transport horizontal accompagne toujours l'onde*; i marini ne tengono conto nella loro stima, *et le portent a 0^m,3 ou 0^m,4 par seconde, quand la lame est encore sous l'influence du vent, et à 0^m,1 et 0^m,2 quand il n'y a plus que de la houle, sans vent*. Dunque quanto egli asserisce non ammetterebbe dubbio: è per lui un canone praticato dai marini. Ma se ciò fosse, come spiegare il silenzio, anzi il contrario avviso, di Bernard, Minard, Frissard, Duperrey, Keller, a cui aggiungerò solo due altri distinti ufficiali, l'uno della marineria inglese, John Washington, e l'altro della nostra marineria, C. Acton, tutti posteriori al de Tessan? Lasciando a questo ingegnere la cura della risposta, io dirò intanto che secondo lui esisterebbe sempre sensibile moto di trasporto nelle onde (il che io non posso ammettere); il massimo di questo moto sarebbe di 7 decimi di miglio l'ora (il che per me è molto al disotto del vero nei casi di fortunali); ed il minimo di 3 decimi *sans vent* (il che credo troppo elevato non solo senza vento, ma quando anche soffia vento sino a 6 metri almeno di velocità per secondo di tempo). Nè i risultamenti dedotti dai punti di stima della fregata la *Venere*, delle cui *observations météorologiques faites à la mer* il de Tessan ci rende conto, m'invitano ad accettar per buoni quei dati di correzione: anzi egli stesso ci avverte della *peu de confiance* che meritano quei risultamenti, e difatti l'esempio da me citato alla pag. 31, tolto dal suo giornale, ci prova che la correzione di 7 decimi, supposto eseguita, ha lasciato un errore di miglia 30,7 in ventiquattr'ore. Nè credo, siccome egli mi sembra credere, che col rendere *moins défectueux et sur tout moins arbitraire* il solcometro in uso si giungerebbe a risolvere *le fameux problème*, come lo qualifica Saverien, *de la mesure du sillage du vaisseau*, o almeno ad avere un punto stimato molto preferibile a quello che attualmente abbiamo; perchè, supposta pure l'immobilità dello strumento *relativa* al bastimento, resterà sempre a conoscersi l'immobilità

assoluta dello stesso strumento rapporto ad un punto fisso. Ora, per ottenere questa seconda parte, si rende indispensabile conoscere ogni specie di movimento del mare; il quale movimento in massa trasporta seco, anche a nostra insaputa, e solcometro e bastimento; quindi l'ignoranza più o meno grande del giusto valore del trasporto è, e sarà sempre, la precipua causa del più o meno grande errore nel punto di stima.

Può essere che qualche marinaio per sua particolar pratica tenga conto di detto moto di massa quantunque non stabilito nella lunga lista delle autorità citate nella nota antecedente e rammentate nel testo. Ma ammesso che taluno ne corregga la stima, a me sembra che le norme da seguirsi non possano essere i soli due dati indicati dal de Tesson. Esse devono, dentro certi limiti, classificare i gradi diversi della forza del vento, le diverse velocità, altezze e lunghezze delle onde, e, presso il lido, le diverse profondità del mare; e devono applicarsi secondo la maggiore o minore immersione del bastimento. In attesa di essere meglio istruito sul soggetto, io resto convinto che, in alto mare, nei casi di vento mite sino a quello di forza moderata per lo meno, non deve esistere nelle onde moto sensibile di trasporto in massa; perchè quando anche esso fosse soltanto di qualche decimo di miglio l'ora, sarebbe stato notato dagli esperti ed attenti naviganti, e tanto più facilmente nei paraggi conosciuti. In questi casi di tempo mite o moderato e di luogo ripetutamente navigato, con sicurezza si può dare dall'occhio marinaio il vero valore ai diversi elementi di trasporto, ai quali è sottoposto il cammino di un bastimento ben costruito e noto a chi lo dirige.

Dunque, dovendosi da me ritenere per fermo quanto asserisco, se si porrà mente ai sopra esposti fatti e a mille altri che si hanno della stessa specie, credo si converrà meco, che coloro i quali vogliono ammettere *sempre* moto valutabile di trasporto nelle onde cadono in eccesso, come quelli che non l'ammettono *mai*. Ma mi si potrebbe rispondere, che il citato A. Stevenson riporta ancor egli de' fatti osservati personalmente, e dai quali si è pienamente convinto del reale moto di trasporto che l'onda, anche senza vento e in alto mare, imprime al bastimento. Anzi dai fatti stessi deduce una prova per lui concludente della forza percussiva e del moto progressivo delle onde (*of the percussive force and onward movement of the waves*), poichè in verun caso ammette, che il ripetuto trasporto possa essere il prodotto dell'urto delle onde, cioè del mero elevarsi ed abbassarsi del mare. Io ritengo per veri i fatti riportati dallo Stevenson, come sono tranquillo che nessuno potrà smentir quelli da me riferiti; ma bisogna avvertire di porli al loro posto. Quindi per ispiegare l'apparente contraddizione fra gli uni e gli altri fatti, mi farò lecito osservare che lo Stevenson verificava i suoi fatti di trasporto quando il basti-

mento si trovava in profondità di acqua non maggiore di 12 e 18 passi (*fathoms*) (metri 22 a 33), e perciò in profondità in cui l'onda, risentendo reazione dal fondo del mare, sviluppa un nuovo fenomeno; il qual fenomeno spiega quel trasporto senza bisogno di ammetter sempre e in ogni luogo l'esistenza del moto di massa nell'onda nel verso orizzontale. Di questo fenomeno passo ora a render ragione.

16. Esporrò prima di tutto il mio modo di vedere sull'onda presso il litorale, e quindi parlerò del fenomeno che quivi appunto si deve produrre in essa quando per la poca profondità dell'acqua non può più svilupparsi liberamente sotto la superficie del mare.

17. È certo che l'onda si sviluppa assai più sotto che sopra la superficie: l'esperienza dimostra che l'agitazione si può trasmettere a grande profondità. Quindi la diminuzione del fondo del mare deve esercitare reazione nel moto delle molecole, qualunque sia la natura della linea che descrivono. Le onde provenienti dal largo si devono trovare raccorciate e riflesse urtando nell'ostacolo che loro frappone il fondo, e perciò l'andamento primitivo di esse deve soffrire perturbazione; ossia deve succedere in esso un notevole spostamento di massa liquida. Non potendo cader dubbio su ciò, mi trovo indotto a conchiudere che quel moto delle molecole, il quale per lo innanzi era semplicemente orbitale o verticale, debba divenire in fine orizzontale con traslazione continua. Gli effetti di questo cambiamento nel meccanismo dell'onda sono, a parer mio, non meno luminosi de' fatti che convincono del moto dell'onda, in grandissima parte e quasi sempre, soltanto apparente in alto mare.

18. All'avvicinarsi al lido, o più precisamente ove l'onda non trova libero svolgimento, è mio avviso che non solo debba nascere un altro fenomeno, ma ch'esso debba ancora estendere la sua influenza in tutta la massa che compone l'onda. Per render ragione di questa mia proposizione, dopo aver premesso in genere le cose discorse, giudico opportuno di presentare le mie idee in aspetto concreto, e così dar conto puranche dell'azione de' flutti sul trasporto de' bastimenti presso i lidi, e di quella di zappare e di convogliare i detriti del fondo del mare. In queste ricerche sento il dovere di porre la questione nel suo vero punto, e di essere il più possibilmente chiaro, dappoichè Arago ha detto che *dans le siècle où nous vivons, poser une question scientifique avec netteté, c'est la résoudre à moitié.*

Se a taluno sembrasse cosa indifferente conoscere quando ed ove il moto

ondulatorio divenga anche di traslazione, io non sarei del suo avviso, e lo credo anzi importante e per la nautica e per l'idraulica; perchè tal cognizione potrà indicare ai naviganti quando debbano prendere delle precauzioni contro questo fenomeno che cagiona al bastimento uno scaroccio non indicato dalla scia, e produce puranche un acceleramento o ritardo non indicato dal solcometro (*log*). È noto che dalla scia si stima lo scaroccio del bastimento causato dall'impulso del vento e dall'urto delle onde, quando l'una, o tutte due queste forze non agiscono nella stessa direzione del cammino del bastimento. L'esperto marino ottiene soddisfacente risultato da questa stima quando il mare non ha moto di massa, perchè la scia non presenta presa al vento nè all'urto delle onde. Ma ove siavi corrente, ossia trasporto di massa, soggiacendo la scia all'intera azione della corrente come il bastimento, non può dedursi il vero scaroccio se s'ignora la velocità e direzione di questa seconda. Ciò che è di natura della scia lo è anche del solcometro. È poi importante per l'idraulica quella conoscenza, perchè mostrerà agl'ingegneri a qual distanza dal lido saranno staccati dal fondo del mare e trasportati dalla sola azione de' flutti i materiali ostruenti.

19. Ecco dunque come io mi figuro l'origine e la fine dell'onda prodotta ed accompagnata dal vento, ove il fondo del mare venga a diminuirsi e terminare in spiaggia della natura e forma di quelle che noi chiamiamo sottili, supponendo nel vento una velocità costante di 7 a 8 metri in un secondo di tempo, e già da qualche ora in attività.

Ho detto che la massa dell'acqua, nei tempi più ordinari, non ha moto sensibile di traslazione orizzontale in alto mare; ivi l'onda potendosi sviluppare liberamente sotto la superficie, il moto può dirsi interamente apparente, ossia di vibrazione soltanto. Propagandosi questo moto verso la spiaggia, l'onda deve incontrare nella parte inferiore il fondo del mare che contro la direzione del proprio moto s'inalza. Allora quelle molecole dell'acqua, che fan parte del meccanismo della intera onda e che urtano nel fondo, devono risentire reazione ed anche (nel voltare verso la superficie) concepire una velocità maggiore di quella che avrebbero avuto senza l'incontro di quest'ostacolo, mentre le molecole che in quell'istante trovansi più elevate, non potendo continuare liberamente il loro cammino nell'interno della massa liquida, devono urtare nelle sottoposte ed obbligare l'onda ad inalzarsi maggiormente. Quindi l'onda da questo primo scontro della sua base col fondo deve cominciare a perdere l'equilibrio ed inelinarsi, progredendo così con un primo spostamento valutabile nella massa dell'acqua tendente alla orizzontalità; spostamento che può partecipare la chiamata a qualche distanza anteriore al sito

ove il fenomeno acquista valore. La propagazione dell'onda che si è conservata, le onde susseguenti, e la sempre decrescente profondità dell'acqua, devono costantemente dar luogo agli stessi urti contro il fondo; quindi agli stessi effetti, ma in proporzione sempre più notevoli; dimodochè sempre maggiore e più veloce sarà lo spostamento orizzontale di massa; a misura che i flutti si accostano alla riva. Oltre a ciò, siccome col diminuire la profondità dell'acqua diminuisce ancora la velocità di propagazione dell'onda mentre la velocità del vento resta costante, così ne conseguita che gli effetti dello sfregamento od impulsione dell'aria sul fianco inclinato dell'onda saranno ben maggiori di quando l'onda fugge liberamente e conserva la sua forma normale. In questo stato, io stimo che lo spostamento abbia già alla superficie una quarta parte della velocità sviluppata dalla propagazione de' flutti; spostamento che segue, come diceva, una progressione rapida, a misura che la profondità dell'acqua diminuisce e l'inclinazione delle onde aumenta. Conservandosi pur tuttavia il moto di propagazione e, per la sempre crescente reazione, elevandosi sempre più il moto ondulatorio al disopra della superficie del mare, si giunge al punto che l'onda perde interamente l'equilibrio e cade frangendosi; al quale effetto prende anche parte il ritorno (risacca) dell'onda, che sviluppata sulla spiaggia ne discende ed in un angolo più o meno retto incontra la susseguente onda. Questa, come l'antecedente ad essa, si rotola sul piano ascendente della spiaggia colla velocità orizzontale che di già possedeva, aumentata nella caduta dalla sua più grande altezza, e raggiunge così una velocità finale ben superiore a quella di propagazione. Duperrey riferiva all'accademia delle scienze di Parigi che, « secondo i calcoli del Keller, quando l'altezza dell'onda è doppia della profondità, il moto di traslazione di essa non è più semplicemente apparente come in alto mare; *mais cette onde se transporte réellement de toute pièce*, trascina tutto ciò che incontra nel suo passaggio, e percuote con potente energia tutti gli ostacoli frapposti nel suo cammino » (1). Lo stesso Duperrey aggiungeva inoltre di aver avuto occasione, nell'arcipelago delle isole di Sandwich, *de franchir avec rapidité des espaces considérables en se faisant transporter à terre dans une embarcation sans autre moteur que la lame*. A me sembra però che in questi casi l'onda siasi già franta. Vetch dalle esperienze di Russell ha dedotto, che le onde si rompono sempre quando la profondità dell'acqua non è maggiore della loro

(1) Secondo il rapporto fatto all'accademia fin dal 1847, l'opera del Keller deve contenere preziosi documenti ed utili ragionamenti sulle maree, e pare anche sul moto ondoso dovuto al vento: ma essa non è ancora pubblicata. Io non ho mancato di farne ricerche continuate sino a questo mese di luglio del corrente anno 1855. È a desiderare, pel decoro della scienza e per la utilità de' marini, che il dotto e perito autore pubblichi al più presto questo suo lavoro.

altezza di sopra del vuoto antecedente; ma io penso che in pratica ciò accada il più delle volte in profondità di acqua anche maggiore di detta altezza, per la nuova forma che le onde hanno preso, per la risacca che si oppone al libero scorrere di esse, e per il vento che le incalza con velocità molto più grande della loro propagazione. Carlo Acton ha registrato che nella memoranda fortuna sofferta dalla squadra inglese sulle coste della Siria, dal 1 al 3 dicembre 1840, si videro i marosi frangere alla profondità di 46 passi (metri 84). Ma nelle fortune ordinarie, anche prolungate, la mia esperienza e le notizie da me raccolte in proposito, mi fan credere che debba limitarsi a 15 o 20 metri la profondità ove principiano a frangersi le onde del mare nostro ne' fondi arenosi, ossia di media resistenza, e a metri 10 nelle burrasche più frequenti.

20. Quello strato di molecole, che è come staccato nella parte inferiore dell'onda nel primo incontro sofferto sul fondo del mare, deve, nel voltarsi verso la superficie, prendere un moto di traslazione di massa, che nel primo momento può avere varie direzioni, ma la principale sarà a seconda della propagazione dell'onda per effetto della direzione dell'urto ricevuto dalle molecole sovraincombenti tendenti al movimento progressivo verso il lido. L'azione poi di detto urto si può ritenere per potentissima, ed Emy e Virla si trovano d'accordo a credere la sola pressione de' flutti anche capace di produrre effetti analoghi al *piston d' une pompe foulante*. Questo inciampo della base dell'onda nel fondo del mare dà origine adunque ad un nuovo fenomeno che Emy chiama flutti del fondo. Ma il letto del mare, di qualunque natura e forma esso sia, deve ritardare e consumare il moto di questi flutti. Quindi è che io non posso trovarmi d'accordo con Emy, il quale vuole che quello strato di molecole, che ha risentito l'urto e formato i flutti del fondo abbia sempre velocità non inferiore a quella di propagazione dell'onda. In questa parte mi atterrei al parere di P. Monnier, il quale conviene sulla generazione de' flutti del fondo voluti da Emy, ma non ammette che la velocità di essi possa essere eguale a quella di propagazione dell'onda alla superficie del mare. Non pertanto si dichiara convinto, ch'essi sono animati da un rapido moto di traslazione. Io però, come ho detto di sopra, non solo ammetto moto di trasporto nello strato inferiore dell'onda, ma benanche, in questi casi, in tutta la massa che la compone; il che si esclude da Emy, da Virla, e dai seguaci loro. Del qual fenomeno fra poco renderò ragione.

La residuale forza progressiva delle molecole, che formano i flutti del fondo, o corrente sotto-marina, viene alimentata ed animata dalla forza d'impulsione successiva, che nello stesso posto imprime la susseguente onda: di-

modochè ricevendo nuova spinta, aumenta la velocità sua e quella delle altre molecole già verso il lido pur esse dirette, seguendo la corsa sotto l'acqua ondulante; ma la corsa della parte inferiore dell'onda sarà sempre dipendente dagli accidenti del fondo, dalla profondità del mare, e dalla forza d'impulsione delle onde. Intanto l'onda progredisce verso la riva, e così progredendo, elevandosi, inclinandosi ed accorciandosi quanto più scema il fondo, seguita a percuotere a più brevi intervalli il letto del mare incidendolo con effetto sempre notevole, dovuto all'aumentata altezza ed alla forma più verticale presa dall'onda verso il lido, la cui risultante azione deve produrre solchi ben maggiori di quelli prodotti contro un ostacolo di natura identica, da una corrente di eguale velocità e massa; perchè la corrente non agisce come le onde per percosse, cioè con urti intermittenti e spesso rinnovati, ma a pressione continua. Cosicchè in forza di questo ripetuto giuoco fra le molecole superiori ed inferiori dell'onda, sempre diretto a seguire la direzione dell'ondulazione, aiutandosi le une colle altre, conservasi al *flutto-corrente* del fondo, o parte inferiore dell'onda, rilevante velocità fino alla sponda, quantunque le onde estintive del Tadini e la progressiva diminuzione del fondo del mare gli frappongono crescente resistenza, aumentata ancora dalla risacca.

Nell'ammettere moto di trasporto in tutta la massa che costituisce l'onda, ravviso però nelle molecole, prima ch'essa si franga, una diversa potenza di azione; cioè la parte superiore e quella inferiore dell'onda formano, a parer mio, due specie di correnti, di minima azione la prima, di massima la seconda, e partecipanti a questi due estremi le molecole intermedie; cosicchè deve accader nel flutto l'opposto di quel che verificasi nelle acque correnti de' fiumi, perchè in queste il ritardo notevole di velocità causato dal letto generatore di onde estintive, non viene ripetutamente compensato, e ad esuberanza, dagli urti incidenti ed intermittenti del flutto sulle molecole che si trovano nel fondo del mare. Quando il flutto è franto, si traspone l'azione massima del fenomeno; nel quale caso segue la legge de' torrenti in piena istantanea. Mi si abbia per iscusato se riferisco de' fatti, onde provare l'esistenza del suddetto moto di trasporto, ed appoggiare la distinzione fra le due specie di *flutti-corrente*. — Prego il lettore di favorirmi sempre più di sua attenzione, perchè questo fenomeno non solo non è stato ancora da altri spiegato, ma neppur avvertito — .

21. « La prima cosa, dice J. F. W. Herschel, che una mente filosofica considera quando un nuovo fenomeno si presenta, è la *spiegazione* o il modo di riferirlo ad un'immediata causa producente. Se questa non si può accertare, la seconda è di *generalizzare* il fenomeno e d'inchiederlo, con altri analoghi

nella espressione di qualche legge, con la speranza che la sua considerazione, quando la scienza abbia maggiormente progredito, possa condurre alla scoperta di una causa prossima adeguata ». Io per provare come il moto apparente delle onde divenga anche reale presso i lidi, mi permetterò di cominciare dalla seconda parte della surriferita sentenza dell'Herschel, e quindi, seguendo le norme da lui indicate per la prima, mi adoprerò a viemeglio sostenere la mia proposizionè. Potendosi, riguardo a questa, battere ambedue le vie, quella cioè dell'analogia e quella della immediata causa produtcente, spero che siffatto ordinamento nel procedere, farà chiaro il lettore intorno alla giustezza dell'assunto.

Con ragione Whewell ha nominato *onda-marea* (*tide-wave*) quel sorprendente fenomeno che faceva cantare a David: *Mirabiles elationes maris, mirabilis in altis Dominus*; e dire a Dante: *Cuopre ed iscuopre i liti senza posa*; e benchè la causa di questo fenomeno sia ben differente da quella delle onde, di cui mi occupo, pure non vi ha dubbio « che (come nota P. Monnier) il ripetuto fenomeno si propaga nello stesso modo delle onde alla superficie dell'acqua tranquilla »; perchè in sostanza le maree non sono che delle grandi onde, il cui cammino è divenuto regolare e la cui rivoluzione o sviluppo è di circa dodici ore. Ora, qual'è la legge del moto di detta onda-marea? Se l'Oceano coprisse tutta la terra in modo uniforme, la velocità di propagazione di questa immensa onda sarebbe di circa mille miglia l'ora sotto l'equatore; « ma, soggiungerò con Chanzallon, gli ostacoli frapposti dai giganteschi bracci dell' Affrica e dell' America la riducono nell' Oceano atlantico a 600 miglia l' ora » ove il piombino non tocca fondo: essa diminuisce ancora di molto quanto più diminuisce il fondo del mare, e si può applicare al suo movimento di trasmissione l' equazione che Lagrangia ha trovato per la velocità di propagazione delle onde, sostituendo nella formola da me riportata le quantità analoghe al movimento delle grandi ondulazioni delle maree. Così Whewell ha determinato con il calcolo le profondità corrispondenti alle velocità che risultano dalla distribuzione delle ondulazioni o linee cotidali (*cotidal-lines*) sopra la sua carta; determinazioni che si trovano d'accordo con quelle de' mari, la cui profondità è conosciuta per mezzo dello scandaglio. In Keith Johnston trovo la seguente tavola, riprodotta anche dal Maury, la quale ci dà la velocità della ripetuta onda-marea secondo le varie profondità del mare:

Fondo, <i>fathoms</i> 4000	(metri 7320,00)	velocità 500 miglia l'ora	
» » 1000	» 1830,00	» 250	»
» » 400	» 732,00	» 160	»
» » 200	» 366,00	» 114	»
» » 100	» 183,00	» 80	»
» » 90	» 164,70	» 77	»
» » 80	» 146,40	» 73	»
» » 70	» 128,10	» 65	»
» » 60	» 109,80	» 63	»
» » 50	» 91,50	» 57	»
» » 40	» 73,20	» 51	»
» » 30	» 54,90	» 44	»
» » 20	» 36,60	» 36	»
» » 10	» 18,30	» 25	»
» » 1	» 1,83	» 8	»

Eguale fenomeno debbo ammettere nell' onda prodotta dal vento. John Russell dal risultato de' suoi esperimenti si è convinto « che la velocità di propagazione dell'onda dipende principalmente dalla profondità del fluido, variando come la radice quadrata di questa misura ». De Caligny conferma questa legge, ed abbiamo veduto che Lagrangia aveva già introdotto nella sua teoria questo elemento di verità. Anche io ho avuto più volte occasione di verificare in grande un tal fenomeno, ed esso mi viene pure dimostrato da quel frangersi delle onde tutto intorno ad un golfo di spiaggia sottile, quantunque la direzione della propagazione di esse dovrebbe essere pressochè parallela ai lidi laterali, e solamente normale a quello del fondo del golfo. Ma l'onda che viene dall'alto mare ed imbocca direttamente nel golfo, incontrando la prima resistenza nel fondo del mare nei due lati dell'imboccatura di quello, ne deve quivi soffrire ritardo nel moto di propagazione, perchè nel mezzo del golfo, ove l'acqua è profonda, corre con più velocità, e così è obbligata a piegarsi ed a sottigliarsi gradatamente verso i lidi laterali e frangersi poi contro di essi. Fatto notato anche da A. Lieussou nei golfi dell'Algeria.

In alto mare quelle velocità di trasmissione dell' onda-marea non sono sensibili alla pratica della navigazione, come precisamente (fuori di casi eccezionali) non lo sono quelle che risultano dalla propagazione dell'onda dovuta al vento; anzi bisogna guardarsi bene di non confondere tali velocità con quelle delle correnti. Ma è un fatto, che quel moto di trasmissione dell' onda-marea a distanze più o meno grandi dalle rive secondo la forma e

giacitura delle località, si trasforma in parte, per difetto di profondità di acqua, anche in moto di reale trasporto di molecole, la cui velocità è generalmente non minore di due miglia l'ora, e giunge a sei ed a dieci, secondo gli ostacoli che incontra lunghe i lidi: colla differenza però, che mentre per gli ostacoli diminuisce la velocità di propagazione, per essi aumenta quella di trasporto delle molecole. Al fatto dell'onda-marea divenuta anche *marea-corrente* è d'aggiungerne un secondo che Savary qualifica per *important*, notato da *LEONARDO*, osservato da Beautemps-Beauprè e confermato dalle accurate ricerche di White e di P. Monnier; quello cioè che la suddetta marea-corrente a qualche distanza dalla costa continua tuttavia nel senso del moto di trasmissione due o tre ore dopo l'alta marea, e benanche quando il livello di questa si è già considerevolmente abbassato, ossia quando già è in pieno corso il riflusso.

Ora se quel moto di onda-marea, che in origine è moto di propagazione soltanto, per la reazione del fondo del mare si converte poi anche in moto di marea-corrente, ossia di reale trasporto di massa liquida, non so persuadermi come nell'onda (flutto) che ha tanta analogia coll'onda-marea, non possa accadere lo stesso fenomeno; ma che invece si debba sostenere, che sempre ed in ogni luogo essa non sia animata che di moto apparente soltanto, quindi di niun valore per la pratica della navigazione e per gl'interimenti de' porti; ovvero che abbia sensibile moto reale solo nella parte inferiore dell'onda, quindi non mai apprezzabile per la navigazione. — Vengo all'altra parte della su indicata sentenza dell'Herschel —.

Per appoggiare viemeglio l'esistenza de' flutti-corrente alla superficie del mare cade qui in acconcio riportare i fatti osservati dallo Stevenson, già da me menzionati, e dai quali egli si è convinto del moto progressivo che posseggono, a parer suo, *tutte le onde (all wave)*: convinzione per me difettosa, perchè non ammette eccezione nè di luogo, nè di tempo. Egli dunque così si esprime: « Io non posso immaginare che le onde del mare non esercitino forza percussiva e moto progressivo quando io osservo il loro potere nel sospingere innanzi un bastimento che non ha nè vento nè marea per muoverlo, ovvero un bastimento ancorato, effetto che io ho notato *in tredici e diciotto passi* (24 e 33 metri) di acqua; oppure quando considero l'altezza cui lo spruzzo s'inalza in acqua profonda percotendo un bastimento ancorato. In quanto a questo potere delle onde in acqua profonda, cioè di trasportare innanzi i bastimenti nella direzione del loro proprio moto, io posso asserire di aver più particolarmente osservato in profondità di 12 e 13 passi (22 e 24 metri), che una barchetta è trasportata innanzi con sorprendente rapidità dalla sola azione, ben intesa, dell'onda. Alcune volte in un piccolo bastimento, par-

ticularmente nel paraggio del Mull di Kintyre in Argyleshire, e di altri luoghi ove il mare si eleva molto, io ho provato una sensazione come se il bastimento fosse per isfuggire sotto i miei piedi e lasciarmi indietro: in tal circostanza il bastimento, sospinto innanzi da un'onda avente rapido moto, ha percorso un tratto in avanti del tutto diverso dalla spinta che risulta da un mero cambiamento di livello (*altogether different from the pitching which results from a mere change of level*). Io ho ancora frequentemente osservato, mentre mi trovava sull'estremità de' moli situati in acqua profonda, i bastimenti progredire per la sola azione delle onde ». Dalle circostanze però che accompagnarono i fatti raccontati dallo Stevenson chiaro apparisce, ch'essi avevano effetto in luoghi ove l'onda risentiva reazione dal fondo del mare, perchè, al certo, in profondità di acqua non maggiori di 22 a 33 metri non doveva essere più libero lo sviluppo inferiore di essa: quindi questi fatti confermano il mio assunto, e non provano esatta la convinzione di lui. Ai quali fatti fo seguito con altri più rilevanti ancora.

Quando il mare è grosso di fuori, e più specialmente quando esso ed il vento sono da libeccio, perchè perpendicolari alla spiaggia del nostro litorale nel Tirreno, i marinai nostri dicono che presso il lido *la corrente tira in terra*: giacchè in realtà, e loro malgrado, il bastimento è trasportato alla spiaggia con moto speciale e sensibile. Questo fatto, che io stesso ho più volte verificato anche a più miglia lontano dal lido, non è già dovuto alla corrente propriamente detta, ma sibbene al moto di trasporto della massa di acqua che compone il flutto. È l'azione del fenomeno di sopra descritto che, imprime la nuova velocità verso terra, ed il bastimento si trova tanto più sollecitamente trasportato, quanto più è vicino alla spiaggia. Nel 1835, reduce io da Rio-Janeiro, giunsi all'atterraggio di Civitavecchia con forte vento da libeccio e grosso mare: comandavo allora *La città di Roma* di 313 tonnellate. Con quel tempo non credetti prudente prender porto, quantunque vi fossi diretto. Dopo due giorni di cappa fra le venti e le trenta miglia in mare, risolvetti entrare nel porto: mi avvicinai dunque ad esso; ma quando vi fui prossimo, il volume e la forza de' marosi contro i moli, mi fecero credere imprudentissima l'entrata. Voleva quindi riguadagnar l'alto mare; lo tentai, ma presto mi avvidi che io era sensibilmente trasportato a terra; bisognò allora risolversi ad entrare. Mentr'era quasi alla bocca, mi abbandonò il vento di libeccio, ed uscì piccola e non continuata brezza da terra: nulladimeno, profittando io del trasporto de' marosi, entrai felicemente nel porto fra il suono delle campane, ed un affollato popolo accorso sui moli, com'è costume in circostanze d'imminente pericolo per un bastimento. Ora perchè io non potei più allontanarmi da terra quando mi pentii di essermi avvicinato di troppo? Quale

ne fu l'ostacolo? Eppure le circostanze apparenti erano sì può dire, uguali a quelle che mi si erano manifestate in alto mare: di più presso il lido aveva spiegato una superficie di vele maggiore di quella che io teneva quando era a venti miglia lontano da terra, e colla quale superficie poteva allora, credo, anche guadagnar sopravvento. L'ostacolo fu al certo il moto progressivo in massa de' marosi, e questo moto fu quello che mi trasportò nel porto quando, calmato il vento, l'azione delle vele era più contraria che favorevole. Nel 1848 in circostanza simile, il *Pericle*, piroscabo di 400 tonnellate appartenente alla marina di finanza francese, veniva da levante con vento e mare di ponente libeccio. In poca distanza dalla terra, da sopra la punta del Pecoraro fece rotta direttamente per la bocca di levante del porto, ricevendo così i marosi per lo traverso. Quantunque essi non frangessero, sensibile era il trasporto verso terra; quindi il pilota del porto con ansietà ripeteva il segnale di allargarsi; ma il piroscabo dirigendo la prora per entrare per la via più corta nel porto, sempre più si atterrava, e sempre maggiore era il moto di trasporto: e giunto che fu alla metà del circolare molo del Bicchiera si trovò dai marosi trasportato sulla scogliera di detto molo, ove in poch'istanti venne diviso in due parti, e poscia interamente distrutto. Dal popolo accorso, e dai mezzi meccanici subito adoperati, tutti gl'individui vennero salvati.

A togliere ogni dubbio che non la corrente sia la causa del trasporto de' bastimenti verso terra, ma che invece sia il flutto-corrente, sarà bastevole il rammentare che ad una distanza dal lido, ove le onde si possono sviluppare liberamente, un sì fatto moto di trasporto non esiste (tolti sempre i casi di venti fortissimi): oltre di che è d'uopo por mente allo stato del livello del mare in queste circostanze. E di fatto noto, che quando il tempo *sente di fuori*, le acque presso il litorale si empiono: dunque questa accumulazione di acqua nel litorale dovrebbe piuttosto produrre una corrente che da terra all'alto mare si dirigesse, onde togliere la differenza di livello; ma invece tal differenza giunta a superare un certo limite, cioè quando, credo io, il peso della massa liquida accumulata vince la forza premente che proviene dal vento, allora defluisce come corrente parallela alla costa, più o meno radente e veloce secondo la direzione e potenza de' flutti, perchè all'impulso di essi è dovuta. Questa spiegazione che io do al fenomeno è il risultamento di molte serie di esperimenti da me praticati in più punti del nostro litorale e specialmente presso Livorno, non che di esperienze dedotte da fatti registrati da altri; e siccome dovrò in seguito parlar delle correnti littorali, così mi riservo allora raccontare alcuni esempi degli effetti prodotti dal fenomeno in discorso in circostanze a queste identiche. Ivi si vedrà che questa massa di acqua in moto è quella stessa che opera i maggiori insabbiamenti lungo i lidi.

Nè ammetter posso, che del riferito trasporto accagionar si debba per intero l'azione di percussione de' flutti contro la carena e l'opera morta del bastimento: credo che quest'azione possa essere quivi maggiore che in alto mare, perchè i flutti presso la spiaggia sono più corti, più alti, e più inclinati; ma non credo che essa sia sufficiente a causare la perdita del bastimento, dappoichè quell'azione si deve trovare controbilanciata da un aumento di superficie di vele, del quale in questi critici casi si fa uso, in confronto della quantità di essa spiegata in alto mare. La forza di vele che si adopera per salvare il bastimento, non manca al certo d'imprimergli rilevante velocità e quindi diminuirgli lo scaroccio. J. Lalande ci racconta: « *M. Bourdé m'assuroit avoir éprouvé qu'un bon vaisseau filant un demi-noeud d'une belle mer d'un très-petit frais, les voiles a 30° de la quille, avoit 30° de dérive, & que filant 8 noeuds, il n'avoit plus que 5° de dérive; cela doit être, puisque la résistance latérale augmente beaucoup plus que la vitesse* ». Ebbene, nonostante questo aumento di resistenza laterale, ossia questa diminuzione di scaroccio, il bastimento è sensibilmente trasportato in terra. Cosicchè l'assieme mi prova che nelle spiagge sottili, anche a più miglia lontano dalla riva, l'onda non ha più moto apparente e di percussione soltanto, ma sì ancora di traslazione progressiva in massa. Quanto sono per dire consoliderà sempre più questa mia conclusione.

Il fenomeno sopradescritto, che di fatto proprio a me consta verificarsi nei nostri littorali del Tirreno e dell'Adriatico, deve aver effetto anche altrove in pari circostanze. I tristi naufragi accaduti nel golfo di Catania, ove, come dice V. de Ritis, i bastimenti « dalla traversa colti e sospinti han fatto concepire l'idea nelle menti volgari, che quei miseri legni attratti da irresistibile forza verso la *Praja, siccome da calamita il ferro*, vanno a rompersi in quella », a me sembra che, senza escludere le altre cause di perdita toccate dal de Ritis, i detti naufragi si debbano principalmente al flutto-corrente. Così credo pure che allo stesso fenomeno si debba quest'altro fatto. Un convoglio di 70 bastimenti inglesi, partito da Cork il 26 marzo 1807, sotto la scorta della fregata l'*Apollo*, cadde inopinatamente, il 2 aprile, sopra la spiaggia di Portogallo presso Mondégo, e vi si perdette pressochè interamente, quantunque esso avesse quasi sempre governato orza raso, colle mure alla dritta e con venti da ouest ed anche da nord-ouest. Questo fatto viene attribuito nei portolani all'azione della corrente. Ma è da osservare che i portolani stessi, e fra gli altri quello di Lopes da Costa Almeida, dicono: la *corrente prolunga a costa da nord ao sud*; e Roussin parlando di questa stessa corrente nota: *Cette direction des eaux est prouvée par un si grand nombre de faits, qu'il est impossible de la révoquer en doute*. La detta corrente è più o meno forte secondo che il vento la contraria o la favorisce, e la sua velocità media è di

0, 6 di miglio l'ora. Ora, se poniamo mente al punto donde partì la spedizione, alla durata del viaggio, alla posizione del capo Finisterre relativamente a quella di Mondégo, al vento che aveva soffiato e che soffiava, all'esatto conto del cammino che doveva aver quel convoglio (di più condotto da un legno da guerra, che al certo aveva tenuto scrupolosa stima dell'effetto della corrente, dello scaroccio e delle maree), troveremo che non è ragionevole appropriare alla corrente la perdita di sì gran numero di bastimenti; sebbene, non volendosi mai ammettere moto di trasporto nelle onde, non potrebbe per conseguenza rinvenire altra causa di quella luttuosa catastrofe, la quale all'opposto trova con facilità la sua spiegazione nell'azione del flutto-corrente. Quanti fatti consimili, ed anche più tristi del sovraccennato, sarebbero stati evitati se, in luogo di andare in cerca di cause estranee, si fosse con maggior diligenza studiata ed avvertita la vera!

I marinai di San-Malò spiegano alcuni effetti delle onde presso il curvilineo molo del porto *en disant que la mer glisse sur la grande courbe . . . comme un courant*. Bellinger, che riferisce questa spiegazione, non l'ammette; perchè egli, basandosi sulla teoria di Virla, crede sempre *apparent le mouvement de translation des vagues*; quantunque si avveda *de l'altération de la surface des ondes, produite par l'action incessante du vent*.

Anche senza vento l'onda di lunga esistenza, che non abbia libero sviluppo nella parte inferiore, può conservare rilevante moto di trasporto, nel verso di sua propagazione, molto più se a poca distanza soffia ancora il vento regnante che la produsse e conserva. E. Jurien de la Gravière uscendo dal porto Charbrol colla corvetta la *Bayonnaise*, spinta in avanti da *une petite brise d'ouest*, rimurchiata da *quatre canots* e favorita dalla *marée*, giunto *dans la passe*, la *brise* gli calmò *complètement*. In questo stato, la *marée et l'effort de nos canots*, egli ci dice, *nous soutenaient à peine contre la houle*.

Non potendo nascer dubbio sulla verità degli esposti fatti, non voglio passar sotto silenzio che altri crede dare di essi plausibile spiegazione differente dalla mia.

Lo straordinario moto di trasporto al quale vanno soggetti i bastimenti da una certa distanza dal lido sino ove danno in secco, è spiegato coll'impulso del vento e coll'urto delle onde contro di essi. Ma quell'impulso è generalmente minore presso una costa che in alto mare, perchè le coste *difendono*; e quell'urto, per la reazione del fondo deve perdere *de son activité ou de sa force* come osserva Bremontier; di modo che, si può stabilire con de la Coudraye, nelle *côtes plates*, *l'onde s'éteint pour ainsi dire peu-à-peu comme la profondeur*: quindi il ripetuto urto (molto meno notevole di quello dato dall'onda sul fondo del mare ove si decompone il suo movimento) non credo che

meriti tanto peso, e molto più se si riflette che quella reazione stessa diminuisce la velocità di propagazione delle onde e le rende più corte in guisa che un bastimento può spesso filare sopra due onde senza soffrire notabile beccheggio. Ma detto urto sia pure, come ho già avvertito, per quanto si voglia più attivo presso il lido che in mare profondo, non può bastare ad obbligar la perdita di bastimenti ben costrutti, ben forniti e ben diretti. Se non esistesse il flutto-corrente, e se il vento alcune volte non diminuisse di soverchio la sua forza, questi bastimenti, nei soli casi di straordinario furore nel vento e nel mare, sarebbero costretti a naufragare. Essi guidati dalla intelligenza dell'uomo, e forniti di tutto quello che la meccanica ha potuto porre a disposizione dell'esperto marinaio, si possono considerare come corpi animati. « Un bastimento alla vela, dice J. Ross, è un essere dotato di vita, il quale si uniforma ai desideri del suo padrone, e non un corpo inerte ». Il padrone che lo dirige, posto dunque alle strette colla morte, e forse anche coll' onore, tenta al certo ogni mezzo per vincere l' avversario. Quindi il fatto, che dentro una certa zona gli sforzi della volontà e dell'arte riescono infruttuosi mentre altrove in pari circostanze riescono trionfanti anche con impiego di mezzi molto inferiori, mi conduce ad ammettere l' esistenza di un' altra arme che il flutto adopera presso i lidi; e tale arme, a parer mio, è il fenomeno da me chiamato flutto-corrente. Se questo fenomeno non parla manifestamente ai sensi come quello dell'onda-marea, si è perchè la seconda agisce anche quando il mare e l' aria sono in perfetta calma, mentre l'altro non può svilupparsi che quando ed aria e mare sono in agitazione. Nell'uno, l'azione unica che si presenta, è quella del moto di massa nel verso orizzontale; nell' altro, l' apparente, reale e dominante forza è l' impulso del vento e l' urto delle onde; perchè in questo il moto di massa è sommerso, e si confonde coi detti motori. Ma se esso non parla distintamente ai sensi, non può non essere percepito dalla ragione. Quel dir de' pratici: *la corrente tira a terra: la calamita attrae in terra i bastimenti*, è il fenomeno in discorso che si manifesta a persone che spesso lo avvicinano, ma che non usano un esatto linguaggio per spiegarlo.

Non ostante che io sia intimamente convinto dell' esistenza del flutto-corrente pure convengo che una più ricca collezione delle opinioni degli uomini di mare di questa o quella località, una più lunga serie di esempi di naufragi verificatisi contro le spiagge con bastimenti ben comandati e bene attrezzati, sarebbero utili documenti per ottenere che universale si rendesse la mia convinzione.

Provata in quanto a me col fenomeno che verificasi nelle onde-maree, col modo di vedere di alcuni marinai, e col trasporto de' bastimenti, l' esistenza

del moto di massa alla superficie del mare nel caso suespresso, passo ai fatti comprovanti l'esistenza del moto di trasporto nella parte intermedia ed inferiore dell'onda. Le reti, ed altri ordigni da pesca, tese fra la superficie e il fondo del mare vengono dai flutti rotolate e trasportate anche a più miglia verso terra dal punto ove sono state gittate. Bremonnier racconta che « le reti di cui si servono i pescatori di Guian, della Teste, e di tutte le Comuni situate lungo le rive del bacino di Arcachon, hanno ciascuna da circa 80 metri di lunghezza e 2 di altezza. Ogni rete è caricata nella parte inferiore da una pietra del peso di chil. 2, 50, e di 5 chil. di piombo. Un apparecchio da pesca è composto di 25 a 50 di queste reti aggiuntate l'una all'altra: nel mezzo e ad ogni estremità sono attaccate tre altre pietre del peso assieme di 75 chil. Quest'apparecchio è gettato in mare a due o tre leghe, più o meno, distante da terra nella profondità di 16 a 19 metri, e disposto in modo che la parte superiore della rete resti da 12 a 15 metri sott'acqua. Ebbene, i sopradetti apparecchi, se per il grosso mare non si possono levare, dopo la tempesta si trovano ballottati, spostati, rotolati al fondo del mare, e qualche volta ripiegati, lacerati e trasportati a più leghe dal luogo ove si erano immersi. Ciò accade, secondo Virla, per l'effetto di un altro movimento (nelle molecole che compongono l'onda) *qui ne peut plus être vertical*, ed alla cui azione egli asserisce doversi *gli effetti prodotti sopra i materiali della diga di Cherbourg, ed una quantità di circostanze citate da Emy . . . malgré les vitesses de va-et-vient qui se succèdent dans le syphonement*; e perciò Virla esclude l'esistenza de' flutti del fondo, mentre Emy appropria ad essi tutti cotesti effetti. Emy, per provare l'esistenza e gli effetti de' suoi flutti del fondo, cita molti fatti; io ne riporterò uno, il quale abbraccia il trasporto di massa inferiore e superiore. La flotta francese nella conquista di Algeri, in caso di tempesta, non potendo spedire le barche a terra per vittovagliare l'esercito, gettò in mare alquante ballette di viveri perchè pervenissero alla spiaggia. Sia che queste ballette galleggiassero, sia che fossero al fondo, giunsero alla riva: effetti dovuti, secondo Emy, per le une alla forza del vento ed alla percussione de' flutti (al che io aggiungerò il trasporto di massa alla superficie), e per le altre alla sola azione de' flutti del fondo (alla quale io unisco quella incidente ed intermittente del flutto).

Un altro fatto, che mi par possa ritenersi per più concludente ancora, citerò in prova dell'esistenza del detto moto di massa dalla superficie al fondo, ma mi si permetta far precedere ad esso un breve schiarimento non inutile al soggetto ed a me doveroso e conveniente. Nel chiudere il quadro degli autori che hanno reso di pubblico diritto le idee loro sul moto ondoso, io diceva che avrei voluto unire in esso il nome di G. Ponzi, ma nulla ancora

si era da lui pubblicato in proposito. In appresso, questo ch. professore dopo essere stato eletto dall'accademia de' nuovi Lincei fra i giudici, e competentissimi, di questo mio lavoro, *e dopo aver letto il mio manoscritto*, come egli stesso ha la gentilezza di avvertire, *trovandosi per avventura a percorrere le nostre coste marittime, tornava a fare nuova attenzione a quelli immensi depositi di sabbie incoerenti, condotte e abbandonate dal moderno mare Tirreno*, per meglio convincersi, *dal loro modo di esistere, qual fu la direzione del movimento sperimentato*: e quindi pubblicava il risultamento de' suoi studi. Soddisfatto mi sono io sentito nel vedere con ciò esaudita la mia preghiera, esternata in questo scritto, diretta ad ispirare ad uomini competenti la ricerca delle cause che mettono in movimento i materiali ostruenti. Non poco contento ho inoltre provato nel leggere in quella pubblicazione argomenti e prove che confermano in modo esplicito il mio avviso sul moto ondoso e su quello delle correnti. Tributando in questo incontro al sullodato professore i dovuti ringraziamenti, vengo al fatto di cui sopra.

« Che lontana sia nelle forti burrasche, dice il Ponzi, l'origine di questa corrente (cioè quella prodottasi dalla superficie al fondo per la non libera ondulazione de' marosi) mi sembra dimostrato da tanti fatti, fra i quali uno a me avvenuto molti anni or sono sul litorale di Fiumicino, mentre attendeva a studiare la formazione della barra del Tevere. Dopo certe burrasche prodotte dal violento soffiare dei venti di mare lungo l'estensione di quelle spiagge, io rinveniva disposte a seconda della arcuata e embricata figura che prendono le materie lasciate dai flutti, una prodigiosa quantità di conchiglie pelagiche, *Janthina bicolor* Lamk., assolutamente sconosciuta nelle nostre coste e che vivono in alto mare, tutte frantumate e malconcie. Eppure la corrente tiberina col suo contrario movimento avrebbe dovuto opporsi e arrestare, o disperdere la corrente perpendicolare alla spiaggia. Al contrario, quelle conchiglie non solo dimostravano una lontana provenienza, ma una forza di trasporto ben notevole da vincere e superare l'ostacolo delle acque dolci ».

Questi fatti, e più tutti quelli che narrerò in seguito, non lasciando dubbio alcuno sulla verità de' trasporti che giornalmente accadono, passo a dire come quegli stessi fatti da altri si spieghino riguardo ai materiali giacenti nel fondo del mare, e come invece credo io che spiegare si debbano.

Che il moto di va-e-viene, voluto da Virla e dai seguaci suoi, possa imprimere moto di trasporto in avanti, potente e alcune volte anche sollecito, come infatti si verifica su i materiali posti in movimento, a me non soddisfa, e tanto meno se applico a cotesto moto l'esperienza di de Caligny. Da esse risulterebbe, che *le recul au fond* è più forte del moto progressivo

nel verso del moto di traslazione apparente, *même sur un ressaut*: cosicchè il risultato sarebbe piuttosto uno spostamento contro la direzione del moto di propagazione dell'onda; ma essendo ciò in opposizione col fatto, il quale ci mostra che il mare trasporta nel verso del moto di propagazione, fa duopo cercare altrove la verità. Le Bourguignon-Duperré adotta la spiegazione del moto di trasporto de' materiali data da Bernard. Questi, che della dottrina di Emy ammette il moto orbitale ma non i flutti del fondo, crede che senza l'esistenza di una corrente non vi possa essere trasporto, e ch'essa non è creata dalle onde. Secondo lui le onde sollevano per *un instant les grains de sable d'une certaine grosseur*, i quali ricadono *pour être soulevés de nouveau*. Nel tempo che sono sospesi, essi vengono trasportati con una velocità eguale *à celle du courant*, ma si arrestano *dès qu'ils sont retombés*. In una parola essi camminano *par mouvement successif et interrompu* nei soli paraggi ove è corrente stabilita. Questa spiegazione, come ognun vede, è quella stessa data dal Montanari e dalla lunga lista de' valentissimi suoi imitatori; ma neppur essa mi persuade, e nella seconda *Parte* ne dirò il perchè. Bremon tier si dichiara convinto come abbiamo veduto, che l'azione delle onde si comunica a considerevole profondità, ma i frammenti sono *à l'aide des courants roulés à de grandes profondeurs, transportés à de grandes distances, et rejetés sur les plages*; e questa corrente non sarebbe prodotta dall'onda. Boscovich ammette che dai flutti stessi si crei una corrente sul fondo, e secondo la forza e direzione di essa si formino o si distruggano i banchi. De la Bretonnière con esperienze da lui fatte mi somministrerebbe aggiunta di prove alla verità emessa dal Boscovich: egli ha riconosciuto *des sous-courans* capaci di dare alle acque sufficiente moto sul fondo *pour en déranger le niveau et y faire rouler les pierres*; ma de Cessart, da cui tolgo questa notizia, non mi dice se queste correnti sottomarine sono prodotte dalle onde, ovvero è un fenomeno speciale alla rada di Cherbourg. Scott Russell col dire che i corpi mossi nel fondo non sono rotolati in avanti ed in dietro, ma essi hanno moto continuo in avanti durante tutto il passaggio della lunghezza dell'onda, si avvicina con più chiarezza alle viste del Boscovich ed al mio modo d'intendere questo trasporto. Aimè trovo che ci dà la stessa spiegazione già dataci dal Boscovich: egli ha reconnu *que quand la mer n'a que vingt mètres de profondeur, si sa surface est très-agitée, il existe un mouvement violent dans toute l'épaisseur de la couche liquide, et que, dans ce cas, le sable qui forme le sol exécute des mouvements de tourbillonnement considérables, en se déplaçant dans la direction du courant de masse*. Il Boscovich, a parer mio, s'incamminò adunque, e per il primo, nella buona via; ma siccome fa duopo avere una potenza non solo capace di trasportare arene e ghiaie, ma ben anche

di solcare e scompaginare il fondo, trasportare ciottoli ed altri materiali ben più pesanti, e ciò quando anche la corrente regnante o litorale abbia direzione in verso opposto al moto di propagazione delle onde; così non credo che la sola corrente sviluppata dai flutti sia atta a produrre tutti cotesti effetti. E forse perciò Emy, avendo veduto la necessità di trovare un agente più efficace, ha immaginato i flutti del fondo: *phénomène sous-marin qui (secondo il suo autore) a causé la ruine d'un grand nombre de travaux maritimes, qui a donné à la mer le moyen de ravager ses bords et de détruire des cités, qui d'un autre côté a augmenté des parties de continent, a comblé des ports, les a environnés de sable et de vases, et a laissé au milieu des terres, des villes dont le murs étaient jadis battus par les flots*. Questo fenomeno, come ho accennato, si creerebbe quando la parte inferiore dell'acqua agitata dall'ondulazione incontra un fondo di mare che *se relève par ressauts*. Tale spiegazione però ha trovato non pochi e non deboli contraddittori: e fra gli altri Duleau, si fa a domandare, « come un piano verticale *qui arrête la vague augmenterait-il son action* non già in avanti di esso *par la reaction*, ma indietro *et très-loin jusque au rivage?* » Ed in fatti LEONARDO ci ha detto che cotesta reazione *farà opposito moto di sotto a quello di sopra*. Nulladimeno, il ripetuto fenomeno e la spiegazione data ad esso da Emy, han trovato puranche de'sostenitori di gran vaglia, ed uno recentissimo, il de Quatrefages, si mostra convinto di doversi attribuire *une influence très réelle aux escarpements sous marins sur la formation des flots de fond*.

Ma questi flutti, che *ne sont animés que d'un mouvement horizontal*, come dice lo stesso Emy, sono in sostanza una corrente anch'essi. Quindi, quantunque potessero avere quella velocità voluta da lui, che sarebbe eguale, a quella di propagazione dell'onda, io sono dell'avviso di Virla, che un tale corso non basterebbe a render ragione di tutti gli accennati effetti; ma ho già rammentato come il Monnier non ammette che in parte la pretesa velocità; ho toccato le cause che la devono sensibilmente diminuire, ed ora aggiungerò, che sì fatta corrente, prima che l'onda sia franta, non potrà mai avere più della metà della velocità di propagazione dell'onda.

Dopo tutto ciò, sarà facile sentire il bisogno di trovare un altro agente che, unito a detta corrente, possa produrre tutti quegli imponenti effetti, di cui siamo testimoni. E quest'agente è per me l'onda stessa, la quale presso il lido percotendo a brevi intervalli il fondo, lo incide, lo scalza, ed essendo in massa animata da moto di trasporto rinvigorisce in ogni urto la corrente da essa stessa creata, nel modo come nella mia convinzione mi sono industriato di descrivere nel paragrafo 20.

Se poi volessi fare particolareggiato confronto fra l'azione di trasporto

nella parte superiore del flutto e quella esercitata nella parte inferiore di esso prima che si franga, è noto che non si manca di fatti per provare quanto questa seconda azione sia alla prima superiore in potenza. Quindi basterà qui richiamare l'attenzione sull'azione necessaria per creare quella velocità impressa dal flutto-corrente ai corpi galleggianti alla superficie che vediamo trasportare alla spiaggia, e su quella che lo stesso flutto deve avere sul fondo per vincere l'aderenza ed imprimere moto di trasporto ai materiali pesanti che troviamo trasportati lungo la spiaggia stessa; avvertendo inoltre che questi non presentano, come quelli, presa al vento. Senza ammettere una maggior potenza nella parte inferiore del flutto a confronto colla superiore, io non saprei rendermi ragione neppur della ordinaria legge de' depositi lungo i lidi. *La mer*, osserva E. de Beaumont, *a plus de tendance à rejeter les grosses particules que les petites; elle repousse donc d'abord les gros galets, puis les petits, et enfin le sable*: ed il Tadini già aveva notato questo *vagliamento*. Quindi deve accadere, a parer mio, che i materiali gradatamente meno densi, essendo con più facilità tenuti in sospensione nella sfera più elevata dell'onda, partecipano del suo più lento moto progressivo e della sua più svariata direzione, e però giungono più tardi alla riva e si spandono in superficie tanto più estesa quanto sono più minuti o leggeri; quelli più densi e più voluminosi invece, essendo trascinati sul fondo da forza più attiva e retta, perchè prodotta dall'urto delle onde sul fondo del mare e dalla regolare direzione della propagazione di esse, vagano meno degli altri e però giungono primi al punto di riposo. Io non credo aver duopo di avvertire il lettore che per dare una breve e generale spiegazione di questa legge, ho dovuto fare astrazione de' complicati moti secondari, ma pure sensibili, che si sviluppano dai flutti, specialmente alla superficie del mare, quando urtano le sponde di un lido, anche di costituzione sottile, e quando essi cozzano fra loro.

Passiamo all'altezza, lunghezza ed alla velocità delle onde; alla profondità cui si comunica il loro moto, ed alla potenza di esse. — La distanza da culmine a culmine di due onde è dai marini e dalla generalità degli scrittori chiamata lunghezza dell'onda; *LEONARDO* e *Newton* la dicono larghezza e *Monnier* amplitudine. Io mi attengo all'uso dell'arte mia.

22. Perchè le onde possano raggiungere un'altezza e velocità imponente è necessario che molto vasta sia la superficie del mare, e molto profonda la colonna dell'acqua. Se l'una o l'altra di queste condizioni manca, le onde saranno sempre relativamente di piccola altezza, per quanto durevole e di conveniente forza possa essere il vento. Per questo motivo quelle del Mediterraneo sono molto meno alte, voluminose e veloci di quelle dell'Oceano.

Presso i lidi la progressione regolare delle onde è molto ritardata ed alterata, non solo per l'ostacolo che loro frappone il letto del mare, ma puranche per i materiali di cui si caricano. In un mare libero e molto profondo le dimensioni e la velocità delle onde sono, generalmente parlando, dipendenti dalla velocità e densità del vento e seguono la sua direzione; ma quando esso è molto violento, l'altezza ed il volume loro diminuiscono sensibilmente, e noi abbiamo per dettato che *gran vento abbassa grandi onde*: invece quando il vento è di lunga durata, di non eccessiva forza e di molta estensione in superficie, ha grande influenza a favorire di più in più la cavità delle onde, quindi l'altezza ed il volume di esse. In fine, a compimento di queste idee generali sulla formazione e sullo sviluppo delle onde, rammenterò con le parole del Frisi che: « L'ondeggiamento che la tempesta porta in un dato luogo non è l'effetto dell'azione immediata del vento in quel luogo istesso. È un risultamento dello sbilancio e degli urti delle altre colonne più lontane: e così lo sconvolgimento di un dato volume di acqua è un risultamento delle azioni esercitate dai venti su tutto il mare. Questa è la ragione per cui i marinari dal moto delle onde si accorgono molte volte delle tempeste vicine anche più giorni prima che il vento arrivi, e si preparano con le vele a riceverlo. E così pure qualche volta sul fine della tempesta, quand'anche sia cessato il vento, continua un ondeggiamento grandissimo per vari giorni, appunto perchè il vento non ha ancora finito di sconvolgere il mare più di lontano, e perchè il moto di un fluido non elastico e denso come l'acqua si deve propagar subito da un luogo all'altro, quantunque la distanza sia grande ». A maggior chiarezza poi di una delle verità accennate dallo stesso Frisi io aggiungerò, che siccome l'azione di una forza nel trasmettersi perde di sua intensità, così, come nella trasmissione del suono e della luce, la propagazione orizzontale delle onde marine si diminuisce allontanandosi dalla sua origine; quindi il mare può esser calmo presso la riva, mentre grandi onde possono nello stesso tempo agitarsi a molta distanza da essa.

De Goimpy porta l'altezza massima delle onde a 13^m, 15, la lunghezza a 61^m, 72 e la velocità a 8^m, 12 per secondo di tempo. Egli deduce questi valori dalla velocità del vento, ammettendo un rapporto costante fra questa velocità e quelle misure, il che in pratica non è sempre vero, forse quasi mai. De la Coudraye dice che le onde di otto metri di altezza non sono rare, e che difficilmente oltrepassano dieci metri. La lunghezza loro *est*, per lui, *presque toujours* più che quadrupla dell'altezza, e *souvent dans une proportion beaucoup plus grande*. Bremon tier dalle notizie raccolte dai naviganti e dalla sua teoria è indotto a credere che i marosi abbiano qualche volta un'altezza maggiore di venti metri; il che io non credo; e la stessa sua teoria

gli fa stabilire inoltre *que la longueur et la hauteur* delle onde *sont dans le rapport de 4 a 1*; ma, a mio parere, ben fece egli ad avvertire che la *conséquence* da trarsi da cotesta legge poteva *être susceptible de discussion*, quindi la presentava *comme une présomption*. Babron stima che in alto e libero mare l'altezza delle onde è, in generale, circa il quarto della velocità del vento: « un vento la cui velocità è di cento piedi per secondo, eleverà le onde a 24 piedi di altezza »: così egli si esprime; ma io credo che di rado si avveri la sua proposizione.

Più geometri hanno voluto sottomettere al calcolo il rapporto di questi tre valori dell'ondulazione, *mais*, temo che debba anche oggi ripetersi con de la Coudraye, *mais c'est abuser du desir de parler géométriquement que d'énoncer ces rapports si variables sous des expressions mathématiques*. Tuttavia io bramo che questo mio timore venga dimostrato mal fondato, perchè sento, con de Tesson, quanto sarebbe a desiderarsi che uno de' giovani geometri, a cui le più grandi difficoltà del calcolo *ne sont qu'un jeu*, abbracciasse per soggetto delle sue ricerche *la théorie des ONDES RÉELLES*, a ciò farne conoscere *tous les détails de forme, de mouvement et de propagation sous les diverses influences auxquelles elles se trouvent réellement soumises à la mer*.

Dopo la calda polemica che nel 1837 si accese fra Arago e Dumont-d'Urville, la misura dell'altezza, lunghezza e velocità delle onde accupò più seriamente i navigatori. D'Urville aveva detto di aver veduto al sud dell'Africa delle onde *formant de vraies montagnes*, le quali misuravano circa 30 metri di altezza: modo di dire già usato da Cook quando scrisse « le onde erano delle vere montagne, esse erano più alte della nostra alberatura »; ma che bisognava abbandonare, misurandone i veri limiti. Secondo Arago le onde dell'Oceano non supererebbero l'altezza di 6 a 8 metri. De Humboldt la porta a 11. Marescot e Gourdin ne han misurate di quelle di 11^m, 50. Gervaise e Desgraz di circa 12^m. Dumoulin di 8, 10, 11 ed anche 12^m. Henry de Missiesy di 13 a 15^m. Back circa 9^m nella baja di Hudson. D'Urville in un tempo *calme* misurò delle onde provenienti da direzioni opposte *qui s'entre-croisaient*; e trovò di 5 metri quelle dell'est, e di 7 a 8 metri quelle del sud-ouest. Wilkes, il 27 febbraio 1839, nella latitudine di 61° 21' S., e longitudine 60° 49' O. di Greenwihc, per misurare l'altezza, lunghezza e velocità dell'onda colse una favorevolissima circostanza, e preferibile, come egli stesso nota, a tutte le altre da lui avute durante l'intero corso (*at any other time during the cruise*) della sua lunga e vasta circo-navigazione. Egli si servì per l'operazione, di due bastimenti, il *Porpoise* ed il *Sea-Gull*, e dopo una serie di osservazioni ottenne la media in altezza di 9^m, 73 (*thirty-two feet*), in lunghezza 115^m, 52 (*three hundred and eighty feet*), e 13^m, 66 per secondo

di apparente movimento progressivo (*This gave about twenty-six and a half miles in an hour for their apparent progressive motion*). Il vento aveva gradatamente ingagliardito, e le onde principali ordinatamente si susseguivano. Vionnois ebbe 13^m di velocità di propagazione in un secondo, ed una lunghezza di 300^m quando *la mer est houleuse*. Il medesimo in una tempesta trovò la velocità di propagazione di 20 metri, e 400 metri di lunghezza. Gourdin nelle onde di circa 11 metri di altezza stimò la lunghezza loro circa 100 metri. Gli ufficiali della fregata inglese *l'Inconstant*, secondo Acton, misurarono delle onde alte 62 piedi (18^m, 89). De Tissan in onde di 2^m, 6 a 3^m, 3 di altezza, trovò 75^m di lunghezza: in altre di 6^m, 3 a 6^m, 6 di altezza, più di 100^m di lunghezza: in alcune di 3 metri, 150 di lunghezza: e in altre di 6 a 8 metri di altezza, 100 a 150 metri di lunghezza. Egli misurò con Berard, nel Mediterraneo, 9 metri di velocità di propagazione nelle *grandes ondes*. Frissard per questo mare dà 5^m d'altezza nei *grands vents*, e soggiunge che questa cifra può essere oltrepassata *dans les tempêtes*. W. H. Smyth ha trovato nel golfo di Leone delle onde, la cui elevatezza e volume sono più grandi di quel che potrebbe attendersi dall'azione del vento e dalle molecole acquose (*than would be considered to result only from the action of the wind on the aqueous particles*). L'altezza loro in un tempo assai procelloso non può essere molto meno di trenta piedi (9^m, 14). Le onde in generale del Mediterraneo, nei cattivi tempi normali, egli le stima dai 14 ai 18 piedi, (4^m, 25 a 5^m, 48), e spesso, quando ad esse manca libero spazio da svilupparsi, vengono chiamate *chopping* (onde spezzate).

23. Tocco ora l'argomento della profondità d'acqua cui si comunica l'azione delle onde. È certo che la reazione del fondo del mare sull'onda dipende dalla profondità, alla quale è il mare agitato: e l'agitazione dipende essa stessa dal volume delle onde. L'azione poi sarà decrescente da un certo punto sotto la superficie ordinaria del mare sino all'ultimo limite dell'agitazione; e questa verità non credo che si opponga al fenomeno di maggior azione di trasporto nelle molecole inferiori dell'onda in confronto a quella dovuta alla parte superiore, quando l'onda, beninteso, trova reazione e forma percussione sopra il letto del mare. A mezzo del § 8.^{vo} ho accennato che nelle coste e nei moli a picco, in mare profondo, i fenomeni nati dall'urto delle onde danno diversi risultamenti in artificio, perchè dice LEONARDO: « Il moto dell'acqua in fra l'acqua muta tanti corsi riflessi per qualunque verso, quanti sono gli obbietti vari in obliquità, che ricevono il moto incidente di tale acqua ».

Come abbiamo veduto nella *Introduzione*, per lo passato si è creduto generalmente, che l'oscillazione dell'onda non si trasmettesse che a piccolissima profondità: in allora la teoria si basava su questo falso principio. Agli autori già citati su tal proposito aggiungerò, che Belidor si mostrava convinto che a 4 o 5 metri al disotto della superficie, *la mer n'y est que peu agitée, même dans un gros temps*, e in otto metri di profondità le più piccole pietre non erano smosse; e che de Cessart e i primi ingegneri della diga di Cherbourg sembrano essere stati della stessa opinione. Viria crede Bremonnier *le premier* che abbia riconosciuto, che l'agitazione delle onde si trasmetta ad una gran profondità: io penso che quanto ci hanno detto su questo proposito LEONARDO, COLOMBO, Castelli, Zendrini, Codeviola, Mari e Spallanzani molto prima di Bremonnier sia sufficiente per dare ad essi questo primato. Ed in Francia prima di lui vi è anche de la Coudraye. Il Montanari ancora aveva dedotto dalle asserzioni de' marinari, che a grandi profondità erano sconvolti i detriti del fondo ed inalzati alla superficie, ma egli spiegava questo fenomeno per una *esalazione* che scaturiva dal fondo e non per commozione prodotta dal vento. Fenomeno che il Russell chiama *onda di primo ordine* come ho detto. In oggi, dopo la bella teoria di Poisson ed i fatti che vado ora a riunire, non credo che pottrassi più dubitar dell'azione delle onde a gran profondità.

Il de la Bèche nota « che l'acqua è torbida nella maggior parte delle coste per l'azione de' flutti sulle arene e sulle melme; e quest'azione, capace di portare i detriti sino alla superficie, si comunica a circa 25 metri di profondità, specialmente allorchando la tempesta dura da più ore ». L'esperienza non lascia dubitare, che il cambiamento del colore del mare ad una distanza più o meno grande dal lido, secondo la profondità dell'acqua e la natura del fondo, si debba all'azione de' flutti e non delle correnti, quantunque queste abbiano rilevante velocità: le quali due cause non vanno mai fra loro confuse. Se in tempi considerati di calma la tinta torbida del mare, che determina il limite del movimento delle acque, occupa per esempio un miglio, non deve credersi esagerato che in tempo di tempesta questa zona si allarghi di dieci e più miglia nelle spiagge sottili. Di fatti le dette acque torbide presso i lidi sono a noi segnale di prossima terra, e prendiamo le precauzioni necessarie, quantunque essa non si veda. Frissard osserva, che se il capitano della Medusa avesse posto mente all'avviso di questi fenomeni, il funestissimo naufragio di quella fregata non sarebbe accaduto. « L'osservazione del mare profondissimo imbrattato di arena o melma, nota lo Sponzilli, fu fatta da COLOMBO nel suo terzo viaggio ». Dopo di LUI, eguale osservazione è stata emessa da molti altri che hanno traversato gli Oceani ed i Mediterranei. Mercadier ha registrato, essere stato assicurato dal Codeviola che al-

l'entrata del porto di Genova, ove il fondo del mare era di 12 metri circa, si formò un banco di sabbia di 4 metri di altezza, e che dall'azione delle tempeste venne dissipato senza più riprodursi. A. Lieussou racconta che a Bone la *houle*, in profondità di 10 a 12 metri non solo *remue le fond*, ma *déchausse* puranche *les ancres*. Marieni avverte che il banco fuori di Cortellazzo, 20 metri sotto acqua, rende le ondate più corte e più frequenti, e perciò *recano gran travaglio ai navigli*. Nelle acque fra Minorca e Corsica esiste un banco di sabbia conosciuto da noi sotto il nome di Caccia (*Casse* dai francesi), il quale nei punti più elevati si trova a 23 metri sotto la superficie del mare. La sua posizione è soggetta a qualche cambiamento: ma in tempo di mare grosso viene riconosciuta dalla diversa forma e colore dei flutti a confronto dell'agitazione circostante. Da Lemoyne si sono raccolti de' testimoniali, i quali provano che alcuni bastimenti, e fra questi un vascello di 120 cannoni, passando sopra il detto banco, han ricevuto a bordo de' colpi di mare molto pregni di sabbia (*chargées de sable*). Dall'Aimé ci vien detto, che dalle esperienze da lui fatte nella rada di Algeri risulta, che in un fondale di 18 metri, dopo che le onde avevano avuto un'altezza di 2 a 3 metri, *on a reconnu des traces de la plus violente agitation*. A 28^m, dopo onde di 2 metri d'altezza, *l'on trouva des effets a peu près semblables aux précédents*. A 40^m ed a circa un chilometro dalla costa, dopo onde di 3 metri, risultò *qu'il avait eu un petit mouvement: le sable était en grain d'une ténuité extrême*. Conclude infine che questo limite di 40 metri *est probablement dépassé dans les tempêtes*: ed egli stesso dice altrove, che *après un coup de vent . . . l'épaisseur de la couche d'eau supérieure mise en mouvement può varier de dix à quatre-vingts brasses*. Spallanzani dimostra che le lave scoriacee nell'isola di Stromboli, a 124 piedi (40^m, 28) sott'acqua, sono per *gli urti delle onde tempestose sfracellate e ridotte in arena*. Nè ciò solo: a cotesta profondità ed anche maggiore, la corrente creata, a parer mio, sul fondo dai flutti stessi, deve trasportar lungi le materie così triturate, perchè l'incessante scarico del vulcano per tanti secoli avrebbe altrimenti formato un banco di sedimenti; « ma (aggiungerò coll'autorità più recente di W. H. Smyth), ma contutto ciò contrario è il caso (*the contrary, however, is the case*) »: il fondo del mare non si riempie (1). Lo stesso Spallanzani ha inoltre registrato che nelle isole Eolie, gli abitanti di Stromboli usano per la pesca nasse che ca-

(1) Non debbo però passar sotto silenzio, che il sullodato Smyth aggiunge ancora che i *sages of Stromboli* spiegano il fatto con ritenere « che un abisso alla base dell'isola continuamente assorbe le emissioni, e riempie il vulcano (*that a gulf at the base of the island, continually absorbs the ejections, and replenishes the volcano*) ». Questa è l'opinione degli abitanti di Stromboli, ma Spallanzani peraltro la confuta con fatti e ragionamenti per me convincentissimi.

lano al fondo del mare con entro alcuni sassi; perchè il mare in burrasca non molesti le nasse, gli è forza che sieno sott'acqua per lo meno 140 piedi (45^m, 47), *altramente le infrange contro gli scogli subacquei e le disperde*. In Minard leggo, che Artha (scoglio nella baia di s. Giovanni di Luz) trovavasi colla sua sommità a 9 metri al disotto della bassa marea. Questo scoglio reagisce sulle onde, che vi passano sopra quando esse non hanno più di 1^m, 50 a 2 metri di altezza: allora i marini del paese dicono *Artha hausse les épaules*. Se l'agitazione del mare aumenta, le onde si frangono interamente sopra di esso, mentre ai lati continua intera l'ondulazione; perchè (secondo aveva già osservato Bremontier) la profondità ai lati dello scoglio è di oltre 6 metri maggiore. Lo stesso Bremontier postosi alla sommità di un'alta duna della Teste, sopra la sponda del mare, in un momento di forte agitazione e a 59 metri sopra il suo livello, distingueva *parfaitement* tutte le seccagne (*hauts fonds*) su le quali le onde venivano a frangersi, quantunque questi banchi fossero più di 6 metri al disotto della bassa marea. Coteste specie d'isole sotto-marine gli si rendevano ben distinte per la bianchezza loro, e per le acque che vi balzavano (*jaillissaient*) a grande altezza. Lunghezza il litorale italiano nei fortunali di più giorni di durata, le onde giunte a circa 15 passi di acqua (30 metri) sensibilmente cambiano di forma e di dimensione. De la Roquette osserva che *les ilots de corail* sono meno nocivi in libero mare che nelle acque perfettamente calme. *En pleine mer leur position est généralement signalée par les brisants*. Il Bravais dalle esperienze da lui fatte al Nord ha trovato, che l'agitazione delle onde si comunica a 30 e 40 metri. Keller asserisce che *les animalcules qui construisent les récifs madréporiques* non possono stabilirsi a minor profondità di 40 a 50 metri, altrimenti *la mer y détruit ou bouleverse leurs travaux par l'impulsion des lames*. Beautemps-Beauprè ammira *quelle mer affreuse peut s'élever en une heure de temps sur les plateaux de roche où l'on trouve un grand bressiage*: e P. Monnier chiama l'attenzione sopra una platea di scogli (*plateaux*) che trovavasi nel golfo di Guascogna, nella quale alcune asprezze conosciute sotto i nomi baschi Aroca Tiquia, Illarguita, Placeta ec: fanno frangere il mare, quantunque esse siano coperte di oltre a 34 metri di acqua nel momento dell'alta marea. Emy deduce da alcuni fatti, che i flutti del fondo agiscono nell'Oceano con grande potenza anche in 80 braccia di acqua (130 metri). Siau colle sue osservazioni fatte nell'isola di Borbone ci prova, che l'azione delle onde nella baia di s. Paolo a 188 metri sott'acqua si fa sentire in modo da formare delle zone ondulate sopra un fondo *de sable et de gravier basaltiques*. Anche a profondità *bien supérieure* egli ha ottenuto *des resultats analogues*; ma non li cita perchè non gli ha potuti ripetere con la stessa esattezza usata nelle

altre. De la Coudraye asserisce, che la reazione risentita dall'onda sul banco di Terra-nuova è sensibile ai bastimenti che lo avvicinano: questo banco si trova da 100 a 160 metri sotto la superficie del mare *cependant*, sono parole di lui, *les ondes n'y trouvent déjà plus le fond nécessaire à leur entier déploiement*. La stessa asserzione, aggiunge Bremontier, si fa da tutti coloro che esercitano la *pêche de la morue sur ce banc*. Le onde in quelle profondità non avendo più sufficiente altezza di acqua all'intero sviluppo loro, lo speciale aspetto che per tale causa esse ivi prendono, avverte il navigante della prossimità del banco. Sopra il banco sono meno grosse che al margine od orlo di esso ed in alto mare, e si cita in proposito con verità, quantunque in aria di derisione, che i bastimenti ivi alla pesca domandano a quelli che arrivano, *qual tempo fa di fuori*, cioè quale è lo stato del mare al di là del banco. D'Urville di fatto proprio racconta che *les accores du banc des Aiguilles* (presso il capo di Buona-speranza) sono *signalées par des paquets de fucacées* (*Laminaria pyrifera*) *et par un changement visible dans la couleur et dans le mouvement des eaux*. La mer non è *plus d'un bleu clair et limpide*: *elle verdisse à vue d'oeil et semble comme chargée d'un sable ténu; elle ne procède plus par longues lames, mais par un ressac brusque et prompt*. Monnier conferma il fatto della speciale azione ivi esercitata dai marosi, e nota che i bastimenti sono esposti a dei particolari colpi di mare, *en passant par 120 brasses* (200 metri) *sur les accores* del suddetto banco. E. Frappolli porta a questa profondità il limite ultimo dell'agitazione delle onde.

Ma dai fatti sopra citati risulta ampiamente dimostrato, che questo limite deve essere oltrepassato, perchè ivi la massa ondeggiante opera ancora contro il letto del mare un urto capace di rendersi sensibile alla superficie, cioè a 200 metri di distanza verticale. Quindi io credo che a questa profondità il maroso deve avere ancora rilevante potenza, e tanto maggiore quanto il fondo, o l'ostacolo incontrato, è di natura più resistente e di forma poco inclinata; e credo che esso abbia pure attiva azione sul fondo, quando anche non ha bastante forza da render noi avvertiti del suo lavoro con un moto particolare alla superficie, o con il coloramento delle acque a noi visibile.

Nè fa duopo soffi vento per verificarsi simili fenomeni. Quando COLONBO spiegò

Lontane sì le fortunate antenne,
Che appena seguirà cogli occhi il volo
La fama, ch'ha mille occhi e mille penne,

ci riporta Las Casas, che mentre l'equipaggio mormorava, dicendo, che non essendovi mai marosi in quei tratti d'Oceano, non sarebbonvi giammai nep-

pur venti per ritornare in Ispagna; il mare si agitò *senza che il vento spirasse*, e divenne sì grosso che tutti ne furono sbigottiti ». Bremon tier riferisce che in tempo tanto calmo da non potersi distinguere da qual parte venga il vento, un'onda di circa 3 metri di altezza si frange sopra il citato scoglio Artha, anche in alta marea, quantunque la sommità di esso sia in questo caso 13 metri sotto il livello ordinario del mare. Il Frisi nota che: « In quella memorabil tempesta ch'ebbe il sig. cavaliere Emo nelle coste del Portogallo, e in cui fece singolarmente brillare tutt'i suoi talenti marittimi, dopo di essere cessato il vento, era ancora così grande la furia delle onde, che per vari giorni non fu possibile di accostarsi coi piccoli legni alla spiaggia, si ruppero le gomene di tre àncore della nave, e si corrose in parte la gomena della quarta ». È poi comune il vedere innalzare la schiena alle onde quando passano sopra un fondo sensibilmente ineguale per la reazione che ne risentono, tracciando così l'andamento di esso. « Siccome, dirò con LEONARDO, siccome le calze che vestono le gambe dimostrano di fuori quello che dentro a se nascondono, così la superficiale parte dell'acqua dimostra la qualità del suo fondo ».

Così pure non è in ogni luogo necessario che il mare sia alla superficie ondulato per produrre fenomeni di questa specie: e però lo stesso LEONARDO, che tutto ha veduto, ci ha detto: « l'impressione de'moti fatti dall'acqua in fra acqua sono più permanenti, che l'impressione che essa acqua fa in fra l'aria ». Bremon tier ha trovato delle pietre di 150 a 1200 libbre *poussés de plusieurs pieds, la mer étant calme*. E Beautemps-Beauprè racconta ch'egli, mentr'era all'ancora in 4 metri di acqua sopra una testa di scoglio isolato e con tempo calmo, si trovò in pericolo di vita per uno di questi fenomeni inaspettati: *La mer, egli dice, brisa trois fois sur ma peniche, et cela par un temps calme et dans un moment où aucune des roches le plus dangereuses de cette partie ne marquait*. Ma generalmente queste onde sottomarine rendono veglianti le seccagne quantunque nascoste sotto il livello del mare, e così fanno per lungo tempo avvertiti i naviganti del danno cui anderebbero incontro: esse ne segnalano pur anche di quelle non pericolose perchè possono passarvi sopra bastimenti di ogni immersione senza tema di toccarvi. Molti esempi abbiamo di questo fenomeno: io ne ricorderò uno soltanto. Guéritaut trovandosi nella latitudine di 5° 34' S. e nella longitudine di 113° 8' E. di Parigi vidde dinanzi il suo bastimento *une certain étendue d'eau decolorée comme elle l'est ordinairement sur un haut-fond, . . . l'eau était plus en mouvement dans cette partie que par-tout ailleurs*. Egli stimò che sopra cotesto banco non vi potesse esser *plus de deux ou trois brasses d'eau*: nulladimeno dopo ripetuti scandagli verificò che il minor fondo ivi

esistente era *non moins de quarante-deux à quarante-huit brasses* (70 a 80^m). Simile fenomeno, se ho bene inteso, dovrebbe essere l'onda di fondo senza vento del Meneghini: ma in ogni modo, a parer mio, ristretta però in certi limiti. La detta onda sottomarina, o *lame sourde* de' francesi, può ancora sussistere quando alla superficie sia stata creata un'altra onda anche in direzione opposta, come ha notato LEONARDO.

Finalmente vi hanno pure delle ondulazioni sottomarine che, come ci avvertiva già il Montanari, *sono originate dal fondo stesso del mare e non dai venti*. Egli, siccome ho rammentato, chiama questo fenomeno *esalazione del fondo*; ed io lo credo non di rado ripetuto: difatti Daussy ne ha raccolto quattordici esempi in un sol paraggio del Atlantico. Quivi, nella media latitudine di 0° 20' S. e longitudine media di 22° O. di Parigi, dal 1747 al 1836, 14 bastimenti, che per caso e nel momento del fenomeno solcavano quel paraggio, risentirono sensibili effetti di esso. Molti altri esempi si trovano registrati nelle grandi opere di Maury e di Rodriguez, accaduti in ogni dove, e più specialmente nella *regione vulcanica*, la cui potenza del fenomeno incomoda sempre i bastimenti ed è alcuna volta ad essi fatale; ma occupandomi io delle ondulazioni prodotte dal vento, non entrano nel quadro delle mie ricerche quelle prodotte direttamente dal fondo del mare. Così, come non ho parlato degli oragani e de' mascheretti non parlerò *de'rulli* (dall'inglese *rollers* e *rouleaux* francese), fenomeno de' più imponenti per le gigantesche onde che sviluppa, perchè anch'essi, per le loro eccezionali condizioni, escono dai limiti dello scopo prefissomi.

Nel chiudere questo titolo mi sia permesso aggiungere alcune considerazioni ad esso relative. La prima è che in circostanza di calma di vento e di onde non frante, utile cosa sarebbe osservare, in un fondo marcatamente ineguale, l'azione che si esercita sopra di esso; ripetendo più volte il saggio datocene da Bremon tier, e notando in pari tempo ulteriori fenomeni. Queste osservazioni potranno essere anche utili, e più facilmente fatte, quando alla superficie sia mare calmo. Un osservatore, posto nella più favorevole situazione di *visibilità degli scogli*, e provveduto del piccolo strumento suggerito da Arago per meglio e più facilmente vederli, credo che con sufficiente esattezza potrebbe prendere nota de' fenomeni che accadono nel fondo. L'uso dell'olio diminuirebbe di molto la difficoltà dell'osservazione quando soffia vento. L'apparecchio che servì a Edwards per esplorare nel fondo del mare e raccogliere in esso de' moluschi e de' zoofiti, potrebbe essere anche utile per le nostre ricerche. Sarà poi possibile aggiungere agli effetti de' fenomeni così ottenuti quel grado maggiore di potenza, ch'essi devono possedere quando il vento ed il mare agiscono contemporaneamente e sono in furore. I risultati ottenuti

per queste vie saranno sempre preferibili a quelli dedotti da esperienze interamente artificiali.

Un'altra mia considerazione è, che posto un più diretto ed accurato studio sulla profondità massima cui può giungere l'agitazione de' marosi negli ordinari e straordinari fortuali, sull'azione di trasporto di essi e su le loro direzioni relativamente a quelle de' littorali, si gioverà non solo alla nautica ed all'idraulica, ma pure alla geologia. Gli scandagli lungo i lidi ed intorno alle isole hanno indicato un sedimento quasi orizzontale, che il Targioni nomina *ghirlanda di terreno avventizio* e d'Archiac vorrebbe chiamare *zone des atterrissements*, oltre al quale sarebbe l'*abisso* de' pescatori del Marsigli o l'*alto mare*, più propriamente detto; mentre abisso io chiamerei quelle massime profondità dell'Oceano sinora toccate dal piombino, e dal Maury raccolte in una speciale carta del bacino settentrionale dell'Atlantico (*basin of the North Atlantic Ocean*). La profondità che stabilisce la linea di termine, sufficientemente marcata, tra il fondo sedimentoso e quello vergine è di circa 300 metri, e siccome l'estensione in larghezza di tal ghirlanda si sviluppa in alcuni lidi per più decine di leghe anche in paraggi ove non può giungere veruna corrente torbida, io opino che il moto di trasporto nella massa fluttuante e la profondità massima cui si comunica la sua agitazione somministrano sufficiente spiegazione del fenomeno de' sedimenti in questione. A me sembra dunque, che il limite ultimo di questi sedimenti possa essere quello dell'agitazione de' marosi quante volte non oltrepassi i 440 metri. Se oltrepassano questa profondità in paraggi esenti da corrente costante, duopo è ammettere la causa produttrice di essi nel solo trasporto di massa dovuto ai flutti alla superficie, perchè quante volte l'ondulatorio movimento giungesse ancora attivo a 420^m, quella specie di conchiglie trovate col rastrello da Edovardo Forbes a queste profondità, non sarebbe stata fino al 1842 conosciuta soltanto in istato fossile: quell'agitazione, o intere o spezzate o in un luogo o nell'altro, avrebbe mostrato ai zoologi la loro attuale esistenza, siccome è accaduto della *Pholadomya* che dopo un oragano fu trovata rigettata sopra la spiaggia in Tortola come nota W. J. Broderip. Quindi io concludo da ciò, che, se da una parte la teoria del Poisson permette spiegare la *propagation du mouvement ondulatoire à toute profondeur*, come si esprime il de Tesson, dall'altra i fatti limiterebbero ad esso moto un'azione notevole a circa 300 metri, e che oltre questo limite, secondo le mie attuali cognizioni, di poco valore attivo per le opere idrauliche e per l'esercizio della navigazione, può ritenersi il moto stesso.

Esposto fin dove giunga l'azione e l'agitazione de' marosi, passo a trattare della potenza loro.

24. Quando i massi sono movibili, non è roccia solida, nota il Pilla, che resista all'attrito de' flutti marini. Il moto che il mobile riceve è, dice LEONARDO, *quando veloce, quando tardo, e quando si volta a destra, e quando a sinistra, ora in su, ora in giù rivoltandosi, e girando in se medesimo, ora per un verso, ora per un altro obbedendo a tutti i suoi motori, e nelle battaglie fatte da tali motori sempre ne va per preda del vincitore*. E però « il mare, notò il Tadini, agitando colle onde i sassi angolari e ruspi che in esso cascano, gli scantona, li rotola e li pulisce ». Reibell registra che a Cette de' massi di marmo duro, *que plusieurs boeufs ont peine à trainer . . .* sono bentosto ridotti, *par le roulis des flots, en galets de la grosseur du poing*. Lamblardie padre ci apprende a qual grado di tenuità l'azione delle onde e l'attrito de' ciottoli fra essi e contro le rive, riduce la loro primitiva grossezza: e d'Orbigny nota che « chiunque ha potuto udire il romore che fanno i ciottoli di silice, allorquando sono smossi da una forte onda, si renderà conto del sollecito consumo di essi, malgrado della durezza loro ». Questi materiali prendono poi parte a formare quei cordoni littorali con un *profil qui*, come osserva Ella de Beaumont, *frappe généralement les yeux par ses formes géométriques*. De Dentrecaesteaux ha notato nella baia della Speranza, che l'acqua del mare scaturiva alla sommità delle più alte isole; e Riche trovò de' cristalli di sale marino a più di 50 metri di altezza sopra il livello ordinario dell'acqua fra la cavità degli scogli inoltrati in mare. Sméaton riferisce che al fanale di Edyston il flutto si slancia con immensa massa di acqua per ben 25 metri al disopra del fanale, ossia a 50 metri sopra la superficie del mare; ed Emy ha calcolato che questa massa è di 2 a 3 mila metri cubi, e di 2 a 3 milioni di chilogrammi. Lo stesso Emy riporta, essere stato descritto *il soffio del diavolo* nella crepatura di uno degli scogli delle grotte di Kynann come una colonna di acqua che s'inalza a grande altezza, facendo sentire sotto terra un romore simile allo scoppio della folgore.

Anche senza vento o con vento contrario, un grosso o discreto mare è capace di produrre simili fenomeni. La Somerville ci fa sapere che « il fanale di Bell-Rock nell'Oceano germanico, quantunque abbia un'altezza di 112 piedi (metri 34, 13), è letteralmente sepolto fra la spuma e gli sbruffi sino alla cima durante grandi onde senza vento (*during great-swell when there is no wind*) ». Bremontier ha registrato che con tempo superbo ed un leggero vento da terra, delle onde provenienti da fuori di otto a dieci decimetri al più di cavo, s'innalzavano sul lido del mare a più di dodici o tredici metri sopra il loro livello.

Pilla ha osservato nell'isola di Ponza delle caverne scavate dalla percossa de' flutti, alcune delle quali comunicano fra loro con aperture tortuose, e le

onde vi si cacciano dentro con impeto e, comprimendo e rincalzando l'aria intromessa, producono un romore che assorda; tantochè in ogni ondata pare vedere un assalto diretto ad abbattere l'isola. Malte-Brun ci dice: Noi abbiamo veduto *opérer la mer Baltique*; noi abbiamo veduto l'isola di Hyeen, celebre dimora di Tycho-Brahé, *diminuée par la violence des flots*. Lyell riferisce che nelle isole di Shetland per la forza meccanica de' flutti quasi tutti i promontori si terminano in gruppi di scogli aventi forma di colonne, di pinnacoli e di obelischi: Spallanzani, che nello scoglio denominato la *Pietra di Stromboli*, alto cento metri sopra il livello ordinario del mare, le onde tempestose giungono alla metà dell'altezza di esso, e si dà anche il caso che ne sormontino l'apice: Malte-Brun, che lo scoglio *la moglie di Lot* è percosso con gran furore dai marosi all'altezza di 120 metri: Frissard, che fra la Rochelle e Rochefort un bastimento è stato lanciato in un prato; ed alle sabbie di Olonne due fregate sono state trasportate al disopra di un banco, che chiudeva l'entrata del porto, di maniera che è stato necessario alleggerirle per farle uscire: Acton che nella citata tempesta sofferta dalla squadra inglese sulle coste della Siria, il brigantino da guerra *la Zebra* fu gettato sull'arena, e vi rimase in alto ed asciutto: Lyell, che all'entrata occidentale della Manica, il banco di ciottoli conosciuto col nome di Hurst-Castle, il quale ha 70 metri circa di larghezza sopra 4 di altezza, nella tempesta di novembre 1824 venne spostato *in massa*; si avanzò di 40 metri nella direzione nord-est, e, si noti, detto banco presentava verso ouest *un piano inclinato*: T. Stevenson, che sull'isola Barrahead, una delle Hébrides, si è osservato nella tempesta del 1836 che un blocco di pietra della misura di 504 piedi cubi equivalente al peso di 42 tonnellate (42673 chilogrammi) è stato portato gradatamente a 5 piedi (1^m, 52) dalla posizione che occupava; e avrebbe continuato più oltre, se un pezzo staccato dallo stesso blocco non si fosse interposto fra esso e la roccia, sulla quale il blocco riposava. La Somerville riporta lo stesso fatto. Minard e Frissard registrano, che nel porto di Algeri de' massi di metri 10, 20 cubi, del peso di 22400 chilogrammi, situati sul piano del gran molo a 4 metri sopra il livello del mare, sono stati trasportati dal flutto a 8 metri dalla prima posizione. Un altro masso di 40 metri cubi fabbricato sopra lo scoglio Al-Gifua, ma riposante sopra altri massi di 10 metri cubi e non più sotto di metri 2, 50 dal pelo del mare, è stato tolto dal posto e voltato sottosopra. Bernard accenna, Minard particularizza, e Frissard conferma, che nel detto porto di Algeri, dopo la tempesta di gennaio 1841, in una parte del nuovo molo (composto con massi di smalto di 10 metri cubi ognuno) si è riconosciuto *un tassement assez considérable*; e che gli ultimi 28 metri *du couronnement* del molo medesimo

(formati con massi di eguale volume e materia), nella tempesta del novembre 1843, *ont presque disparu*. Tornata la calma, qualche pezzo soltanto si mostrava fuori di acqua, mentre prima della tempesta *le sommet était à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer*. Poiré in vero sentenza, che in Algeri *l'expérience a démontré*, che i medesimi massi di 10 metri cubi *sont immobiles*, e che nelle opere *exécutés* da lui in quel porto con questi massi, *les vagues ne peuvent opérer aucun déplacement*; ma dai fatti e dalle autorità qui sopra citate devo dedurre che costui, facile a commettere sbagli come ho dimostrato ne'miei studi sul porto di Livorno, qualifichi per risultato di esperienza ciò ch'è sua opinione soltanto. Auniet ha registrato, che in Civitavecchia de'massi di 18^m cubi vennero dall'azione del mare trasportati dall'antemurale alla bocca di sud-est. In detto antemurale gli scogli, ridotti a ciottoloni del peso di 1000 a 2000 libbre, vengono dalle onde presi da un metro a due di profondità di acqua, gittati a 3 o 4 metri sopra il livello ordinario del mare, ed assestati fra i grossi massi *quasi che*, esse onde, *abbiano le mani*, come in altra circostanza si esprime lo Scamozzi. I marosi scavalcano con volume enorme di acqua l'altezza massima dello stesso antemurale, la quale è 8^m, 45 sopra il detto livello del mare. In una libeccia quattro scogli di 3 a 4 metri cubi ognuno, situati sul piano dell'antemurale all'altezza di 5 metri dal pelo del mare e distanti 10 metri dal mare esterno, vennero trasportati per 12 metri e gittati nella parte interna del ripetuto antemurale. Alla cava degli scogli (due miglia circa a levante di Civitavecchia) nel 1851 uno scoglio di metri cubi 42 situato sul caricatore distante circa 10 metri dal mare e metro 1, 50 sopra il livello ordinario di esso, giacente sopra nizze ed incuneato, venne dai flutti privato de' cunei, delle nizze e rimosso dal suo posto (1). In Livorno de'massi di 15 metri cubi fabbricati sullo scoglio che forma la punta Cavalleggieri, nello scopo di difendere dai flutti il nuovo cantiere, sono stati sensibilmente rimossi dal posto dalla prima libeccia del p. p. autunno, abbenchè la forza del mare fosse inferiore a quella che non di rado vedesi agire in quel lido, e i detti massi si trovassero colla loro base circa un metro al di sopra del pelo ordinario del mare. Il più volte citato Minard ha registrato che nel forte di Boyard un masso di 15 metri cubi *a été déplacé à deux mètres environ dans le sud-est*. Duleau ha notato che il ridetto scoglio sottomarino Artha è stato decimato nella parte superiore dall'*action des vagues* di 1^m, 50 nel periodo di 43 anni. Di fatto nel 1789 Bremon tier lo trovò nella più bassa marea a metri 7, 80, e nel 1832 lo scandaglio dava 9^m, 30 sotto lo stesso

(1) Nel 28 novembre 1854 un altro scoglio di 44 m. c. incuneato sopra il detto caricatore è stato smontato e fatto cadere.

livello. Questo fatto è registrato anche da Monnier. Rodriguez, parlando delle estese seccagne prossime all'isola di Porto-santo, registra che i vecchi naturali dell'isola ritengono che le rocce, di cui sono costituite, erano con mare agitato più appariscenti e terribili di quello che non lo sono presentemente, e che il culmine di esse formato da rocce basaltiche è stato distrutto e sprofondato; talchè presenta oggi nella sua estensione dai 5 a 50 passi: nel 1802 Bowen trovò di 4 passi e mezzo la minor profondità di acqua. In Acton si legge quanto appresso: « Nel caso del naufragio della fregata inglese *Thetis* al capo Frio nell'America meridionale, riferisce il capitano Dukenson, che visitando il bastimento naufragato alla base della roccia, si osservò dallo stato del legname e del ferro quali violenti scosse e dislogazioni esso aveva sofferto, e tali, che non si erano mai viste per lo avanti, e non si supposevano possibili, senza questa prova oculare » (1). Emy ha veduto, che i flutti più grossi che urtano alla cateratta del sostegno alla Rochelle hanno tutto al più 2 a 3 metri cubi; ebbene questi piccoli flutti avevano la forza di sollevare all'altezza di sei decimetri un masso di muramento del peso di oltre 28 mila chilogrammi. De Quatrefages riferisce che all'isola di Bréhat, alla punta del Paon, un blocco di granito *de plusieurs centaines de milliers de kilogrammes*, staccato da qualche tempesta, è caduto dall'alto della riva e riposa come un ponte di un sol pezzo sulle due sponde di un baratro (*gouffre*). Allorquando un maroso giunge dal largo, i flutti racchiusi di più in più fra queste mura di roccia, accelerano il loro scorrimento, si gonfiano passando sotto il ponte, ed in questo sforzo, *dont rien ne saurait calculer la puissance, ils soulevent l'énorme masse*. Franto il maroso, il ponte ricade *sur ses inébranlables culées, pour se soulever et retomber de nouveau*. Smit Hamilton, trovandosi nel 1807 in Caraçau in tempo di oragano, ha veduto de'grossi blocchi sollevati da una profondità di 10 metri, e lanciati sul banco che unisce Punta-Brava al continente. Lyell nota che a Bell-Rock un'ancora di chilogrammi 1117, 64 fu lanciata sopra lo scoglio. James Vetch registra, che un bastimento del peso di 200 tonnellate venne trasportato da un'onda (*borne by a wave*) alla sommità della diga di Plymouth. Nei primi giorni dello scorso luglio 1853 io visitava la detta diga di Plymouth, assistito e favorito oltremodo dalla non comune gentilezza del sig. Stuart soprintendente generale di quella grande opera idraulica, nella quale, quantunque non completamente terminata, si sono impiegate 3830881 tonnellate di scogli. Fra le altre cose

(1) Acton non dice a qual profondità giaceva la fregata; ma dalla conoscenza particolare che io ho della località, da quanto rilevo dal *Pilote de Brésil* di Roussin, dalle carte idrografiche di quel litorale e dalla memoria che conservo del fatto accaduto nel 1829 mentre io era in Rio-Janeiro, desumo essere la profondità non minore di 20 metri.

relative agli effetti de' flutti, vidi una gran massa di scogli lungo l' interno della diga, e venni assicurato che nella notte del 25 al 26 dicembre 1852 circa ottomila tonnellate di scogli furono dai marosi presi dalla parte esterna della diga e scavalcati nella parte interna; fra' quali erano di quelli di 10 a 16 tonnellate ognuno. Un perno di ferro di 6 pollici di lato in quadro, conficcato ad arte nel piano superiore della diga, e non più fuori del piano stesso di 7 pollici, venne spezzato dall'urto de' detti scogli. Questo esempio della diga di Plymouth non è il solo. La storia delle opere idrauliche ce ne somministra a dovizia, e nella diga stessa di Plymouth ed in quella di Cherbourg, ed in tutti i porti. Quando un simile lanciar di scogli ha luogo contro le coste, fa parte, secondo Playfair, della *possente artiglieria, colla quale l'Oceano batte in rovina la terra ferma*.

De la Bèche osserva, che i frangenti hanno ancora un altro genere di azione comparabile a quella di un cuneo (*wedging-power*) nei luoghi ove dei grossi massi difficili a smuovere sono misti con pietre più piccole o facili a trasportarsi. Un banco di questa natura acquista qualche volta solidità, perchè sovente i più piccoli pezzi sono cacciati fra i più grossi e ad essi stretti sì fortemente, ch'è duopo di gran forza ed anche di spezzarli per estrarneli.

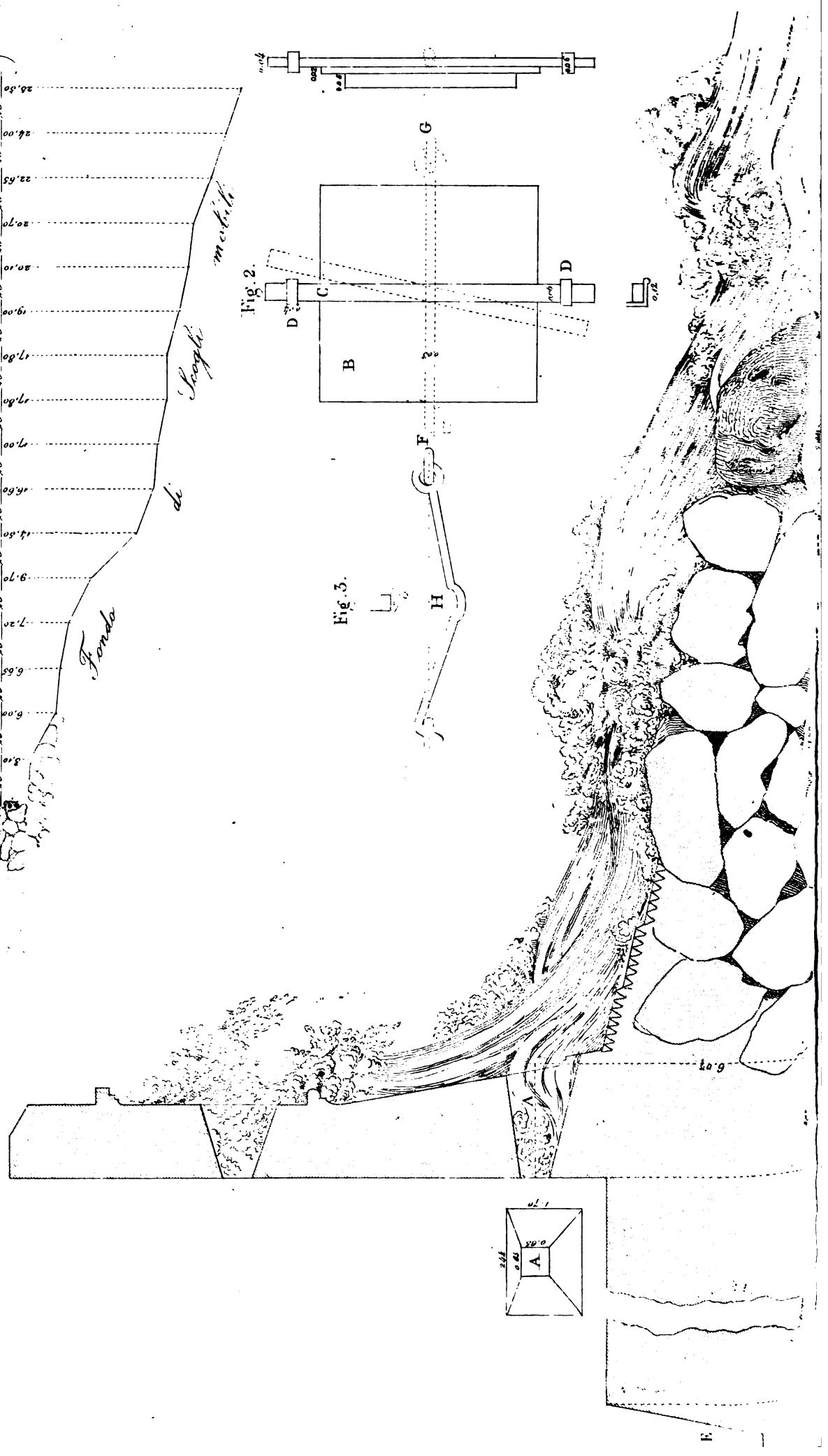
In quanto alla risacca, F. de Luca ne ragiona come di nemico molto nocivo: ed in vero il maggior numero de' porti artefatti sono molto difettosi per il poco studio che si è fatto di quest'onda di rimbalzo. Emy riferisce, che la pressione e la reazione de' flutti contro una costa profonda formano una risacca che si comunica a gran distanza, e sovente si osserva molto sensibile a più di 600 metri dalla costa. Dal registro del fanale di Livorno, tenuto dall'ispettore Parenti, risulta che la risacca prodotta dal molo di quel porto (molo Cosimo) e diretta ai moletti del fanale, situati in distanza media di 450 metri, cagiona effetti sensibilissimi. Fra molti esempi ne citerò due. Del pietrame ed altri massi per le finestre de' magazzini, collocato sullo scalo di detto fanale all'altezza di metro 1,30, e distante dal ciglio di esso scalo 6 metri circa, venne tutto dalla risacca trasportato a 20 metri di distanza. Nove scalini di pietra di Monsulmano, del peso ognuno circa 800 libbre, da un angolo della piazzetta vennero dalla risacca trasportati in mare. L'altezza cui, nel ripetuto fanale, giunge il flutto di risacca, è, secondo il prefato ispettore, di circa 8 metri sopra il livello ordinario del mare; ed io ho più volte veduto che il flutto riflesso del molo Cosimo ha tal potenza da elevarsi e frangersi sopra la parete interna del moletto di tramontana dell'anzidetto fanale, e da contrastare il passo ai flutti del largo, i quali, percosso al di fuori questo moletto, lo scavalcano. F. Sponzilli ci racconta: Su quella parte della costa basaltica tagliata a picco, in vicinanza della Torre del Greco, ho veduto

il mare, agitato sì, ma *senza onde*, produrre una resacca che alzar faceva le sbruffature, *fallins*, per quasi trenta palmi (7^m, 80) fino al ciglione del picco battuto da una massa di acqua, che la sua impulsione, se non dalla superficie, certo dal fondo ricevere doveva nel momento dell'osservazione». La risacca si crea anche nelle spiagge sottili, come han dimostrato **LEONARDO** e **Boscovich**, e da essa si devono quegli *antecordoni* litorali sommergibili. **De Ritis** osserva che « la risacca, di che lamentiamo nel porto di Napoli, non da altro si cagiona, se non dal riflusso de' cavalloni che dalla spiaggia (e non rupi a picco) de' Granili e della Marinella vi si spingono ». Dall'osservazione mi sono convinto, che nelle grandi tempeste i marosi zappano piuttosto che formino le rive di arene; quindi la risacca trasporta seco, discendendo dal piano inclinato della spiaggia, maggior quantità di arene di quella che il frangente possa depositarvene; cosicchè, in questi casi, il ritorno del maroso dissipa maggior massa di materiali di quella che il maroso stesso ne accumuli. In vece nelle burrasche ordinarie, e più ancora quando queste e quelle straordinarie sono in decremento, i flutti ammassano.

« Un dato che sarebbe utilissimo a conoscere, dice **Malezieux** ed io dico necessario, allorquando si progetta un'opera in mare, è il massimo della pressione che i marosi potranno esercitare nei più grandi fortunali contro ogni metro quadrato. Questa pressione dipende da due elementi; dall'altezza delle onde, da ove risulta la loro pressione statica, e dalla loro velocità d'impulsione. *Il serait bien difficile, egli conclude, de déterminer les hauteurs des vagues et les vitesses correspondantes, et plus difficile encore d'en déduire par le calcul quel est le maximum d'effet produit* ». Egli è poi certo che la sola esperienza locale, può risolvere *a priori* la questione. A tale effetto io qui registrerò i risultamenti ottenuti in alcune località. **Minard** dai massi del molo di **Algeri** ha dedotto che l'azione del flutto è superiore a 3500 chilogrammi per metro quadrato. **Fouques-Duparc** e **Virla** in **Cherbourg** l'han trovata di 3900 chil. Più recenti esperienze fatte da **T. Stevenson** a **Bell-Rock** hanno dato una pressione massima di 16932 chil. per metro quadrato, e nell'isola di **Skerry-Vore** si è ottenuto una pressione minima di 3055 chil., media di 10430 e massima di 30414; il che ha fatto dire a **Frissard**, *ainsi la pression d'une vague peut dépasser trente tonnes*. Ma è da notarsi che **T. Washington**, parlando delle suriportate esperienze dello **Stevenson**, dice: « È necessario aver bene in mente, che l'autore parla di percosse prodotte dalle onde di traslazione, cioè dai flutti che si sono franti sulla costa, e non dalle onde profonde del largo, le quali probabilmente non hanno verun movimento progressivo, e non producono alcun urto ». Simile essenziale avvertenza non trovo fatta sulle esperienze francesi; ma, riflettendo al posto che

Rombi C. I. D. Scandagli sino a metri 6350
 dall'antimurale per ancor 60 m. di fondo
 Sinee discandagli

Fig. 1.



occupavano i massi da cui si sono dedotti i risultati, ritengo che anche in queste esperienze le onde erano frante. Minard e Frissard non mancano però di avvertire che le valutazioni dedotte in Algeri ed in Cherbourg *ne sont qu'approximatives*, e che anzi *laissent encore beaucoup à désirer*.

Nell'antemurale di Civitavecchia i marosi dopo essersi franti ed avere percorso lo spazio orizzontale di 17^m salendo l'irregolare piano inclinato della scogliera, imboccano con grandissimo impeto nella tromba delle cannoniere del primo ordine di batteria del forte Gregoriano, l'asse delle quali è a 6^m, 07 dal pelo medio del mare. La bocca interna di esse A (fig. 1^a) di superficie 0^m, 4225 quadrati, si chiude da un portello di legno B (fig. 2^a) fermato da una sbarra di ferro battuto C avente moto rotatorio per mezzo di un perno fissato nel centro del portello stesso: la quale sbarra va ad incastrarsi in due staffe di ferro (D) di metro 0,04 di larghezza per metro 0,01 di grossezza, e di 0^m,12 di lunghezza; il che tiene a freno l'intero sistema di chiusura. In una libeccinata, dietro ripetuti colpi de' marosi, le staffe si spezzarono, e non solo il portello, ma anche un obice allungato da 6 pollici e relativo affusto, impostato dietro la cannoniera, furono spinti per circa 5 metri e balestrati nel pozzo (E), privo di parapetto, che occupa il centro del detto forte. Dopo un tal fatto i francesi aggiunsero una contro sbarra di ferro tondo F del diametro di 0^m, 03 fissata in due occhi di ferro G impiombati nel masso ad una profondità di 0^m, 22, passando per il centro del portello. In seguito di forte libeccinata, questo nuovo sistema di chiusura ha subito altri danni, e particolarmente nella cannoniera che guarda l'OSO. le staffe del primo sistema si sono aperte, la contro sbarra addizionale H (fig. 3^a) si è curvata per 0^m, 06 di freccia, ed uno degli occhi di freno si è distaccato strappando un brano del masso in cui era impiombato.

Prendendo a calcolo le dimensioni delle staffe ed introdotti i valori nelle note formole delle relazioni tra le forze resistenti, assumendo la resistenza del ferro pari a 40 chilogrammi a millimetro quadrato, si ottiene che hanno le singole staffe resistito ad uno sforzo di chilogrammi 892, 90 donde si arguisce una pressione a metro quadrato di chilogrammi 4226, 75. Passando poi alla freccia d'incurvamento della contro sbarra calcolatone lo sforzo sulla superficie si rinviene di chilogrammi 6858 assumendo pel valore del coefficiente di elasticità il numero 18 000 000 000, lo che sviluppa a metro quadrato una pressione di chilogrammi 16231, 20. In quanto allo spezzamento del masso (scaglia morta), troppo ipotetico sarebbe il calcolo mal conoscendosi gli elementi da introdursi nel valutare la resistenza da esso prodotta.

Di persona ho io visitato il luogo e verificato l' accaduto. I particolari di esso ed il disegno della qui unita tavola, mi sono stati favoriti dal diligente sig. Biagio Donati. Questa tavola dimostrativa dà un'esatta idea della località, riunisce gli elementi per la verifica de' calcoli, e facilita il concepimento della potenza esercitata dalle onde, anche ripetutamente frante, contro quell'antemurale, e specialmente quando sono spinte e ristrette nei fori di un muro, o fra i vani dei massi delle scogliere,

Finalmente, secondo il Reibell, il massimo d'intensità de'marosi corrisponderebbe in Cherbourg all'altezza della mezza marea, ed a Cette a 1^m, 50 sotto il pelo basso dell'acqua.

Passo senza più all'azione delle correnti.

PARTE II.

CORRENTI. — RISULTAMENTO DELLE RICERCHE DA ME FATTE SU DI ESSE. —
DOTTRINA DEL MONTANARI. — IN CHE CONSISTE IL DIFETTO DI ESSA. —
MAREE. — MOTO LITTORALE — SUA VELOCITA' E ZONA. — FORZA NECESSARIA
PER ISMUOVERE E TRASPORTARE I DETRITI: — INEFFICACIA DELLA CORRENTE-
MAREA E DELLA RADENTE CONSIDERATE IN SE STESSE — PROVE. — PREVA-
LENZA DE' FLUTTI SUL MOVIMENTO DI TRASPORTO. — LE CORRENTI SI DEBBONO
AVERE A CALCOLO — PERCHÈ. — RILEVANTI EFFETTI DI ESSE QUANDO SONO
AIUTATE DAI FLUTTI — ESEMPL.

25. **C**onoscere in mare la direzione e la forza delle correnti è soggetto di gran rilievo per la sicurezza della navigazione e per abbreviare la durata de' viaggi. Non basta al marino saper dirigere il bastimento colle osservazioni astronomiche; è necessario ch'ei sappia pur anche difenderlo dai movimenti dell'acqua e approfittar di essi. Abbenchè oggi, assistito dalla vista degli astri possa egli liberamente navigare, domani forse, continuando la rotta o tornando nello stesso paraggio senza la conoscenza di quei movimenti, sarà nell'imbarazzo perchè gli astri, coperti dalle nuvole, più non gli sono di scorta. E questo imbarazzo sarà poi maggiore *s'il croit*, come osserva Pagel, *à des courants que ni lui ni d'autres marins n'ont étudiés*. Al qual proposito, dirò col Rodriguez, « son da rammentare le parole del de Humboldt, il quale dice, essere di maggior rilievo il ricavare dall'insieme di molte esperienze una legge che determina il corso e la forza d'una corrente, che non è la scoperta d'un gruppo d'isole disabitate ». Quindi se importante è lo studio del moto ondoso, non lo è meno quello delle correnti; che anzi questo ha sin oggi, di preferenza all'altro, occupato i marini, gl'ingegneri, i geografi, i geologi e gli astronomi. Uno di questi ultimi benemeriti, il p. A. Secchi, nel compendiare il *colossale lavoro* del Maury e generalizzarlo con sufficienti notizie in Italia e fuori, così esordiva:

« I grandi problemi di fisica terrestre sono di tal natura, che da una privata persona, benchè ardentissima di zelo e fornitissima di strumenti, non possono essere risolti. Essi esigono il concorso di osservazioni simultanee

fatte in varie parti del globo con istrumenti ad un dipresso simili, e in circostanze variate di climi, di continenti e di mari. Si esige inoltre un piano ben regolato di tutti i fatti ed osservazioni particolari; al quale scopo si richiede e vasta capacità in chi dirige il lavoro, e moltitudine di braccia per condurre a fine l'opera materiale. Tutte queste cose si sono riunite nella formazione del lavoro ultimamente pubblicato dal sig. Maury direttore dell'osservatorio dell'ufficio idrografico della marina americana eretto a Washington negli Stati Uniti, intorno al sistema di correnti aeree ed aquee, che circolano nell'Oceano Atlantico. È giunto, in questo lavoro, il sig. Maury a classificare, e ridurre entro limiti ben precisi il gran sistema dei venti costanti che regnano su quella superficie; ne ha scoperto dei nuovi periodici, e dietro queste osservazioni ha fissato la direzione generale che aver deve tutto il sistema dei venti del globo, e lo stesso ad un dipresso ha fatto per le correnti marine.

« Gl'immensi materiali necessari a tale opera gli sono stati somministrati dai giornali di viaggio ove si registra il corso di ciascuna nave (*Log books*), e si tiene esatto conto di tutti i fenomeni meteorologici che occorrono durante il viaggio, e si nota almeno ogni due ore la posizione del vascello, la temperatura dell'aria e dell'acqua del mare, la direzione e forza del vento, e lo stato dell'atmosfera. Il numero di tali registri posti a disposizione del sig. Maury è di molte migliaia, e ciascuna nave si dà premura d'inviargli il suo, ricevendone in cambio una piccola ricompensa, o le carte marine già fatte e pubblicate a spese del governo. Lo scopo primario di tanto vasta impresa è quello di servir di guida ai marinari onde possano in ogni stagione scegliere quella via che più presto li conduca al loro termine. Dal confronto della lunghezza dei viaggi fatto dal sig. Maury medesimo tra i vascelli forniti delle sue carte, e quelli che non lo sono, risulta, che i primi sono sempre i più rapidi, e che in totalità la marina americana fa i suoi tragitti in un tempo più breve che tutte le altre nazioni; il che avvantaggia il commercio americano di molti milioni all'anno ». Dopo il Secchi, un più vasto e pratico lavoro, nella *parte che concerne l'interesse marittimo*, ci viene dato dal più volte citato Eugenio Rodriguez. Questi nel render conto dell'atlantica campagna d'istruzione fatta dalla fregata del governo di Napoli l'*Urania*, « le cui accuratissime ed anche nuove osservazioni meteorologiche, come nota il de Luca, hanno meritato il plauso de'dotti di tutte le nazioni », ha pubblicato nel nostro idioma non solo l'opera del Maury con aggiunte e schiarimenti per la facile intelligenza del comune de'capitani mercantili, ma quanto altro sulle correnti è noto ovunque sino a questi giorni.

Se dall'Oceano, a cui si riferiscono i lavori del Maury e del Rodriguez, passo al Mediterraneo, trovo la recentissima opera di W. H. Smyth, nella quale è trattato exprofesso il moto delle correnti di questo mare, avvertendo però egli che la sua ricerca « è stata strettamente racchiusa ai soli effetti prodotti alla superficie (*is nearly confined to the supernatant effects only*) ».

Dopo siffatte pubblicazioni nulla posso io aggiungere sulle correnti marine in quanto è proprio della navigazione; tanto più che i prefati autori sono di essa precipuamente occupati. Ma per l'idraulica io credo che importanti fenomeni restino tuttavia a dilucidarsi. E però per quella influenza, che le correnti possono esercitare nei porti di mare, mi faccio ad esporre ciò che io ne pensi.

26. Dalle ricerche da me fatte per istabilire da quali agenti siano realmente assaliti ed interriti i porti, ed a chi si debba l'aumento e la diminuzione de' lidi, risulta che principalmente dai flutti e non dalle correnti tali fenomeni provengano. Questa dottrina io emisi ne'miei studi sul porto di Livorno, e qui intendo di confermarla, abbenchè non ignori ch'essa contraddice ad un canone stabilito da lunga data e fino ad ora in vigore in tutte le opere che trattano della disposizione e conservazione de'porti. Il Frisi dice: « L'autorità può aver luogo nelle materie di semplice erudizione. La filosofia non cammina che sulle tracce dei fatti e della ragione ». Quindi, per sostenere una dottrina che si trova in opposizione a quella del Montanari, rispettata e seguita da uomini sommi italiani e stranieri, fra i quali si annovera un Venturoli, non mi resta che riunire de' fatti incontrastabili in appoggio di essa. Nè mancherò di riprodurre alcuni de' principali pensamenti de'sunnominati matematici illustri sull'oggetto in questione, affinchè sempre più apparisca da quali diversi principi noi procediamo, e possa giudicarsi per il magistero de'fatti da qual parte sia la verità.

27. Così per cominciare dirò, che il Montanari stesso si fa ad osservare che « la piccola velocità della corrente (su cui basa la sua dottrina) non potrebbe nemmeno portare i sabbioni, nè dal loro luogo muoverli, se l'agitazione delle onde, particolarmente in tempo di tempesta e di venti gagliardi, non li sconvolgesse di quando in quando, e non intorbidasse il mare; nel qual tempo necessariamente sono poi dalle acque pian piano spinti avanti da sinistra a destra, conforme la corrente delle acque stesse li va seco portando ». Ed è così, osserva il Minard « *qu'il faut comprendre* come la sabbia è trasportata *par les plus petits courants*, e non già per un effetto della velocità dell'acqua *comme dans les rivières* »; ma vedremo in seguito, che, da cotesta corrente, solo lievi

sedimenti di argilla tenera possono provenire. Il Venturoli segue il Montanari; se non che più di questi si mostra convinto della esattezza della dottrina adottata, in modo più esplicito ne tratta, e senza riserva alcuna giunge ad asserire, che i detti materiali sono obbligati ad avanzare a seconda della corrente *anche in tempo di burrasca, qualunque sia la direzione del vento.*

28. Cosicchè il difetto della dottrina del Montanari e de' seguaci suoi sta nell'attribuire alla sola corrente litorale, quantunque mitissima, il trasporto de'materiali ostruenti, ed alle onde l'azione soltanto di smuoverli. Ed in vero, essendo eglino, senza eccezione alcuna, convinti che il movimento ondulatorio impresso dai venti alle acque del mare sia soltanto, e sempre, apparente, devono altresì essere persuasi, che la direzione della corrente non possa mai essere variata dai flutti, qualunque sia la direzione e grossezza loro, e che perciò il trasporto de'materiali deve sempre effettuarsi a seconda della direzione di essa. Guidati dunque da questa convinzione, si trovano concordi a ritenere gl' interrimenti de' porti e delle rive, prodotti in gran parte, se non in totalità, dalla corrente che si osserva presso i lidi, e che perciò si nomina *corrente litorale o radente* od anche, nel mare nostro, *corrente del Montanari.*

Quale sia la forza de' flutti, a quanta profondità si comunichi, e quali gli effetti prodotti da essa, credo averlo nella prima *Parte* dimostrato. È duopo quindi fare altrettanto per le correnti, perchè dal confronto possa conoscersi la prevalenza dell'uno o dell'altro agente e del modo loro di operare.

29. Nell' Oceano il movimento più regolare e maestoso è quello della marea. Il culmine di questa immensa onda, che cammina colla luna di meridiano in meridiano facendo il giro del globo in un giorno lunare, come più propriamente ho già avuto occasione di accennare, non costituisce in alto mare una vera corrente marina; ma a sedici o venti miglia dal lido essa dà luogo a movimenti orizzontali nei versi opposti, rendendosi tanto più sensibile quanto più si accosta alla sponda. In certi paraggi ed in certi lidi, conservando l'ondulazione, si manifesta puranche per corrente di sei a dieci miglia l'ora formando od alterando, presso terra, le correnti litorali senza però essere nociva ai porti quanto può credersi a prima vista. Gli esempi che sarò per addurre nel corso di questa *Parte* mi provano che le correnti-maree hanno poco, e generalmente punto, azione su i detriti del fondo del mare, e basta aver visitato i lidi del nord della Francia e quelli dell' Inghilterra per convincersi che, con mare calmo, la corrente di marea conserva l'acqua in tutta la sua limpidezza. Monnier sembra credere *possible*

et même assez probable que les ondulations de la marée donnent lieu à des flots de fond, e questi trasporterebbero *quelques débris sous-marins dans le sens de leur mouvement*, quando le dette ondulazioni *s' avancent perpendiculairement au rivage*, o *dans les parages* ove le maree *ont une grande hauteur*.

Nel caso che la massa liquida per causa qualunque si trova pregna di materiali, questi sono dal riflusso, favorito nella sua azione dal piano inclinato della spiaggia, restituiti al mare quasi nella stessa quantità che il flusso aveva trasportati a terra, anzi secondo il Tadini quanti ne arrivano a piè del lido, o su gli scanni, o nella fossa eccetera, tanti ne debbono partire, e secondo Frissard può stabilirsi che *en général le flot occasionne des atterrissements et l' ébe creuse le chenal*. In ogni modo però, quando trattasi della difesa di un porto, del miglioramento di una rada o della foce di un fiume nell' Oceano, deve precedere uno speciale ed accurato studio sulle correnti-maree locali. Ma non entra nel mio quadro, nè nell'impegno da me assunto analizzare tutte le modificazioni a cui va soggetto il gran fenomeno della marea. Questa sarebbe opera di lunga lena, molto più che nelle vicinanze delle rive non può servir di guida la legge che lo crea e lo regola in alto mare, perchè, dirò coll' autorità del de Prony, *les véritables lois des phénomènes généraux, deviennent des sources de confusion et d'erreur si on veut les lier à certains phénomènes de détail*; e però P. Daussy ci avverte che *il est bien difficile, en fait de marée, de déduire, des phénomènes observés dans un lieu, ceux qui doivent arriver dans un autre*. A me basta accennare quale potenza possono avere le correnti-maree per smuovere e trasportare i materiali ostruenti, e questo è quello che in seguito vedremo.

Quasi di niun interesse può ritenersi lo studio delle maree nel Mediterraneo per il soggetto che mi occupa. Non già che nel mare nostro non sianvi maree, come taluni han creduto, mentre non si può porre in dubbio che in alcuni punti del regno delle due Sicilie, dell'Adriatico, in diversi posti dell' Arcipelago e nei seni della costa di Affrica si notano sensibili cambiamenti di livello ed anche regolari tempi di flusso e riflusso. Ma come, generalmente parlando, si trascura nella pratica della navigazione in questo mare la differenza di altezza dell'acqua prodotta dal flusso e riflusso, così mi pare che in generale possa trascurarsi lo studio di questo fenomeno come causa di notabili interrimenti nei porti.

Non credo essere necessario avvertire che io intendo parlare del valore del fenomeno quando in esso non agiscono potenze estranee, avvegnachè è certo che secondo la durata e la violenza di alcuni venti, secondo alcune eccezionali disposizioni nei lidi e secondo lo stato di pressione dell'atmosfera, sì nell'uno come nell' altro mare può essere molto alterata la legge del suo

tranquillo ed innocuo sviluppo dipendente dall'azione luni-solare. E giacchè mi trovo su questo proposito mi sia permessa una digressione nello scopo di torre ogni dubbio sulla realtà di quest'azione nel mare nostro, e di rendere giustizia a quelli che per i primi la scoprirono.

— Nel gran volume dell'Aimè, pubblicato nel 1845, leggo una nota la quale per gli antecedenti chiamerò curiosa, perchè sembra che tenda a voler ancora insinuare ch'egli per il primo ha riconosciuto *l'influence de la lune sur les marées de la Méditerranée*; e si prova a portare la data di questa scoperta al 1840, citando una nota di Poirel pubblicata nel 1841: e qui non è tutto. Nel 1844 fec' egli di ciò formale *réclamation de priorité* all' accademia delle scienze di Parigi, senza pensare affatto ai maestri del moto delle acque; ma quel dottissimo consesso non fece onore alla sua domanda. Oh come si fa a trattare un moto qualunque delle acque senza prima dare un'occhiata all'Italia? Qui il sullodato Aimè avrebbe veduto, fra le altre fonti del sapere, quella puranche del moto ch' ei voleva trattare. Egli avrebbe saputo che: *Multa ex hisce phaenomenis etiam apud veteres erant satis nota, et apud poetas quoque marini aestus mentio occurrit saepe. Hunc certe poetarum quoque princeps Virgilius inter alia vel è physicà, vel è mathesi desumpta tanquam aptissimum carminis argumentum commemorat, quo exponatur: Quà vi maria alta tumescant Obiicibus raptis, rursusque in se ipsa residant. Claudianus autem analogiam aestus marini, qui in Oceano contingit, cum LUNAE MOTIBUS ibi adumbravit, ubi de PADI OSTIIS et ADRIATICI aestu loquens sic habet:*

. . . . Certis ubi legibus advena Nereus
Aestuat, et pronas puppes nunc omne secundo
Nunc redeunte vehit, nudataque littora fluctu
Deserit: Oceani lunaribus aemula damnis (1).

Se rivolto avesse lo sguardo all'Inghilterra avrebbe veduto, in una utilissima raccolta scientifica che colà si pubblica, che in un codice in lingua veneta vernacola della più antica a carte 51 si legge fra i precetti dati ai naviganti quanto appresso. « Le acque di questo porto (Venezia) si xè queste: quando la Luna xè in Ponente, e Levante, sono tutte le acque basse; e quando xè in Sirocco, e Maistro, son mezze piene; e quando la Luna xè in Ostro, le acque son tutte piene; e quando la Luna xè in Greco, e Garbin, le acque son mezze vode.

« Avvisote, che le acque in *Fele* (cioè morte, o basse) comenza zorni

(1) Boscovich: *Dissertatio de maris aestu*. Romae MDCCXLVII. pag. VI.

quattro della Luna infin a zorni diese; e là xè *a punta*; e dai undese in suso sono acque seconde fino a zorni 19 della Luna; e da zorni 19 infin a zorni 25 sono de novo le acque in *Fele*; e dai 25 infin a 4 della Luna sono crescenti. Avvisote, che in una Luna sono dò *Fele*, e dò *Seconde*; e da 7 ai 9 l'acqua no xe move ». Fu di opinione il doge di Venezia Marco Foscari, che il codice di cui sopra appartenesse a Pietro Loredano valorosissimo capitano generale di mare, che fioriva nell'anno 1443. Del quale frammento avvi anche la traduzione in latino (1).

Nella stessa Albione avrebbe trovato una erudita e particolareggiata lettera del Toaldo, *De reciproco aestu maris veneti*, dalla quale fra le tante altre notizie avrebbe attinto quella, che l'influenza della luna sulle maree dell'Adriatico era non solo nota agli scienziati, ma a tutta ancora la plebe marittima dello stesso mare: *illud etiam vulgo notum Venetiis singulis diebus bis aquarum fluxum fieri . . . aestus enim maris, ut alibi, ita Venetiis, regitur a motu Lunae*. Che *hora completi portus, quem statum établissement du port appellant Galli, id est aestus altissimi in syzigiis praecipue, est 10½ post lunae transitum per meridianum, superiorem, aut inferiorem, ita ut postea descendere incipiat*. Che dopo reiterate esperienze proprie e del Temanza lo stesso autore potè costruire due tavole: una col titolo *Aestus medius ratione situs lunae*; l'altra *Aestus maris, secundum XII signa zodiaci, quatenus refertur ad lunam* (2).

Rivolgendosi poi nuovamente all'Italia avrebbe veduto, che G. B. Porta espone i risultamenti di una serie di osservazioni sulle maree lunari fatte nella laguna di Venezia (3). Avrebbe veduto nella notissima lettera del Montanari che questo fenomeno nel golfo Adriatico *si ripete ogni sei ore lunari*. Avrebbe veduto che il dott. Chiminello ha provato, tanto per le osservazioni di Breste e di Chiozza, quanto per la teoria, che la marea del plenilunio è maggiore di quella del novilunio di circa $\frac{1}{25}$ del totale (4). Avrebbe veduto che il disopra citato Toaldo pubblicò un'opera ove riporta il giornale meteorologico del Temanza e ne estrae i risultamenti sulle maree lunari dell'Adriatico (5). Avrebbe veduto nel Targioni Tozzetti, che monsig. Ugolino Martelli in un suo trattato del flusso e riflusso del mare dice: « A Livorno si vede, diligentemente osservando, il flusso e riflusso per altezza poco meno di un mezzo braccio, di sei ore in sei ore, con le me-

(1) *Philosophical transactions of the Royal society*. Londra vol. LXVII, 1777, p. 148 e 149.

(2) Raccolta inglese qui sopra citata da pag. 145 a 161.

(3) *De aeris transmutationibus* lib. 4, cap. 12, Roma 1614 pag. 148 e 149.

(4) Accad. di Padova tom. II.

(5) *Della vera influenza degli astri ec.* Padova 1770, pag. 69 e seguenti.

desime regole ch  nel mare di Venezia. Avrebbe veduto che il Targioni stesso avvertiva inoltre, che nel fosso de'navicelli   sensibile questo fenomeno fino al Caterattone di s. Pietro in Grado, ed aiuta molto il moto de' navicelli troppo carichi, che sovente sono forzati ad aspettare l' *empifondo*, o *acqua piena della Luna*, che cos  chiamasi il flusso. Avrebbe veduto nel ripetuto Targioni citata puranche l'opera di Giovanni Bianchi sulle maree della spiaggia di Rimini col titolo: *De aestu maris ad littus portumque Arimini* (1). Avrebbe veduto che il Zendrini, parlando di questo fenomeno nel mare Mediterraneo riconosce i maggiori effetti *nei punti pi  forti della Luna che arrivano nella congiunzione del sole* (2).

Guardando alla Germania, avrebbe veduto che Antonio Rossi aveva istituito in Porto Venere negli anni 1813-14 e 15, e dentro il seno della Spezia nei tre anni consecutivi, diligenti osservazioni sul flusso e riflusso del mare; dalle quali indagini risult  che il flusso e riflusso al Porto Venere fu di 44 centimetri, e nel fondo del seno della Spezia di centimetri 63, 5 (3).

E volgendosi di nuovo all'Italia, avrebbe veduto che, quasi contemporaneamente al Rossi, lo Scaccia ha fatto eseguire indagini consimili nel mare di Civitavecchia, alla foce del Tevere ed a Terracina; e siccome in Civitavecchia la differenza massima tra il flusso e riflusso fu trovata di 0, 33, lo Scaccia, non persuaso di questo risultato, fece ripetere le osservazioni *un'ora e mezzo dopo il plenilunio*, e fu riconosciuta una differenza assai pi  ardita, mentre *l'acqua piena della Luna* sal  fino all'altezza di 0, 42, 8 (4). Avrebbe veduto che il Ferroni asserisce essere *indubitato* che concorre il Sole *insieme alla Luna*, e questa per la pi  parte, ad agitare l'Oceano ed i mari *Mediterranei* (5), e che A. Catullo qualifica il fenomeno delle maree nell'Adriatico per *movimenti regolari e periodici prodotti dalla forza attrattiva della luna e*

(1) *Relazione di alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana.* Firenze 1768 tom. 2. pag. 493 della 2. edizione.

(2) *Relazione che concerne il miglioramento dell'aria e la riforma del porto di Viareggio*, pubblicata in Lucca nel 1736, §. 3.

(3) *Corrispondenza Astronomica* del baron di Zach, tomo IV.

(4) Repetti *Dizionario geografico storico della Toscana.* Firenze 1839 art. maree. Biagio Donati, scrupoloso osservatore de'fenomeni della natura ed ottimo amico, mi scriveva. « Da osservazioni continuate negl'anni 1845 e 46 nel porto di Civitavecchia per il flusso delle acque n'   risultata una media di metro 0, 38, per ciascun giorno dell'anno. Queste osservazioni sono state eseguite all' Idrometro situato entro il bacino della Darsena, ove le acque sono molto pi  quiete che nel porto. La massima differenza fra la bassa marea con vento da terra, e l'alta con vento da fuori   risultata di 0^m, 62. Col vento di scirocco 0^m, 58. Lo stabilimento del porto di Civitavecchia sembra essere ore 7.51' ».

(5) Atti dell'I. R. Accademia della Crusca. Firenze 1819, t. 1, pag. 4.

del sole (1). Avrebbe veduto che A. Nobili, nella sua elaborata memoria *Su le maree del golfo di Napoli* aveva dimostrato che « l'effetto dell'azione luni-solare è sempre sensibile . . . e segue con regolarità ; e che la massima piena si è costantemente verificata uno o due giorni dopo le sizigie, cioè precisamente come avviene nei grandi mari » (2). Di più, siccome l'Aimé nel 1840, invece di dire che aveva fatto la scoperta di cui poi reclamò per quest'epoca la *priorité*, disse anzi, che dalle esperienze da esso lui fatte in Algeri risultava che *les marées lunaires sont insensibles*, e che le variazioni che si rimarkano nel livello del mare sono *dûes à d'autres causes qu'aux actions reunies du soleil et de la lune* (3), così avrebbe veduto che il Nobili nell'altro non meno pregevole lavoro, *Mutamenti del livello del mare per opera della pressione atmosferica e di altre cause diverse*, confutava le asserzioni di lui, e sicuro de'risultati delle sue accurate esperienze concludeva dicendo, *non possiamo non ammettere in generale la marea in tutti i punti del Mediterraneo* (4).

L'Aimé non solo non ha guardato all'Italia, non all'Inghilterra, non alla Germania, ma neppure alla Francia stessa, e però non ha ivi veduto che Fournier ha detto: « *De tout temps on a remarqué que la Mer suit le mouvement de la Lune : . . en la plus part de la Mer Méditerranée . . . bien que le flux iournal soit insensible, & beaucoup moindre qu'és autres lieux de l'Océan; toutesfois és nouvelles & pleines Lunes, spécialement de Mars & de Septembre, on y remarque l'eau plus grosse & plus agitée* » (5). Così non ha pur ivi veduto l'esperienze di Angos fatte in Tolone e citate da Lalande, e quelle del Nobili registrate nel Rendiconto dell'accademia delle scienze di Parigi anno 1842, t. 15, pag. 562. Dopo tuttociò l'Aimé aspirarebbe al merito della *priorité*! In fatto di priorità mi sembra scorgere in lui un secondo Poirel!—

Torno senza più al mio principale assunto, ed abbandonando le maree, che dall'arte sono rese molto più benefiche ai porti di quello che di lor natura siano ad essi nocive, passo alle correnti propriamente dette le quali possono avere un'influenza molto più dannosa alla conservazione de'porti.

30. È noto che nel Mediterraneo, come nell'Oceano, vi sono diverse classi di correnti; ma per brevità io mi occuperò solo della *radente*, perchè costante, generale, dominante nel mare nostro, e perchè è quella a cui si

(1) *Trattato sopra la costituzione geognostico-fisica dei terreni alluviali e postdiluviani delle province venete*. Padova 1838 pag. 286.

(2) Rendiconto delle adunanze de' lavori dell'accademia delle scienze. Napoli 1842, pag. 114 e 99 bis.

(3) *Annales de Chim. et de Phys.* Parigi 1840, t. 73, pag. 421 e 422.

(4) Rendiconto citato: 1844, t. 3, pag. 96.

(5) *Hydrographie ecc.* Paris 1843, pag. 439 e 440.

attribuisce la principale azione nell'insabbiamento de'porti e nell'aumento o diminuzione de' lidi. Sulla radente, hanno trattato molti, ed il Casoni ne ha compilato storia idraulico-nautica che nulla lascia a desiderare. Il Paoli, del quale ora si deplora l'irreparabile perdita, ha trattato di detto moto con non minor dottrina e corredo di fatti. Io ignorava l'ultimo lavoro di lui, quando ne' miei studi sul porto di Livorno pubblicai le mie convinzioni sulla prevalenza di trasporto risultante dal moto ondoso in confronto di quello delle correnti, e fui molto soddisfatto allorchè conobbi, che in una questione di tal natura mi trovava appoggiato da uomo di nome chiarissimo e che con lunga esperienza parlava dell'argomento.

31. Al ripetuto moto litorale, che per chi guarda il mare va da sinistra a destra, si dà generalmente non più di tre o quattro miglia di velocità ogni 24 ore, e tre miglia di zona in larghezza. Io nella punta livornese l'ho trovato più vivace, cioè di mezzo miglio l'ora in tempo di vento e mare calmo, ed alla estremità di alcuni capi avanzati si trova di un miglio ed anche di due per ora. È da notarsi che questa velocità è alla superficie, ed utile cosa sarebbe stata conoscere ancora quale essa sia sul fondo del mare, almeno alla distanza di due miglia dalla riva; anzi la completa conoscenza di questa velocità sarebbe quella che più al caso nostro servirebbe, perchè dalla forza di essa dipende il trasporto de' detriti del fondo. Ma la mancanza dei mezzi non mi ha permesso siffatta osservazione, e niuno in Livorno e lungo le nostre coste nel Tirreno, se n'è mai occupato. Il Marieni avverte che nell'Adriatico la radente secondo l'*opinione assai comune e probabile*, non si estende più di otto metri sotto la superficie del mare, senza però indicarne il valore sottomarino; ma sappiamo da esperienze fatte altrove, che la velocità di una corrente è decrescente dalla superficie a basso.

Con ciò non intendo escludere che non vi possano essere delle correnti sottomarine più veloci di quelle della superficie, mosse in direzioni differenti e puranche opposte: l'esperienze fatte nell'Oceano da J.-C. Walsh sembrano confermare un tal fenomeno già notato dal Marsigli. Ma presso il nostro litorale io non conosco che esso sia stato mai osservato, ed anzi io sono persuaso che non esista perchè la quasi continua presenza de' bastimenti di qualunque dimensione e per qualunque servizio che lo solcano in tutti i versi, avrebbe potuto farlo avvertire come è accaduto altrove e come l'hanno ben notato Heywood e R. Fitz-Roy presso il Rio della Plata. Nei paraggi ove questo fenomeno esiste i bastimenti possono avere rilevante vantaggio o svantaggio, secondo la forza relativa e la direzione delle correnti superiori ed inferiori. Quindi per

la corrente di cui mi occupo e per la questione che tratto, io credo poter applicare ad essa la legge adottata per i fiumi.

Il Turazza ci dice che « il problema della scala delle velocità fu ed è tuttora uno di quei problemi della pratica idraulica, che maggiormente tenero occupati i cultori della medesima ». E dopo avere analizzato le esperienze eseguite a tal' uopo conclude. « Malgrado questi tentativi, i risultati delle osservazioni presentano troppo forti anomalie e fatti troppo contraddittori, per poterne cavar fuori una legge generalmente applicabile. La sola conseguenza che si possa dedurre da tutte le osservazioni conosciute si è, che la velocità dell'acqua va minorando a mano a mano che dalla superficie si discende in giù sino al fondo; lentamente dapprima, poi di più in più, finchè la diminuzione si fa marcatissima nella vicinanza del fondo, ove la velocità si conserva tuttora maggiore della metà di quella che si riscontra alla superficie ». E la formola da lui calcolata riesce meno lontana dal vero di quella di Prony come nota il Sereni. Sì fatta legge si trova verificata anche da alcune esperienze, eseguite personalmente dal Casoni col galleggiante composto, nella contro-corrente da lui scoperta vicino a Malamocco. Questa più notevole diminuzione presso il fondo nasce principalmente da quelle resistenze prodotte dalle scabrosità del fondo, naturali *cimageni* del Tadini. « L'attrito dell'acqua corrente sopra il fondo del suo letto, scrive il de la Bèche, è considerevolissimo, e veruna corrente o marea può avere la stessa velocità alla superficie del mare ed al suo fondo. Se fosse altrimenti, le correnti prodotte dalle maree non sarebbero, lungo la più parte delle coste, che delle masse di acque torbide; invece si vede in tempi calmi che le acque conservano tutta la loro limpidezza ». Dunque può ritenersi per certo, che la velocità della corrente sopra il fondo del lido toscano e del resto d'Italia è molto minore di mezzo miglio l'ora, e può credersi tutto al più, nei punti ove essa è più vivace, di metro 0,15 per minuto secondo, com'è stata ritrovata nelle vicinanze del porto di Cette da Le Bourguignon-Dupperè.

32. Sappiamo inoltre che presso le sponde diminuisce la velocità dell'acqua per la stessa legge che la fa diminuire presso il fondo. Io credo superfluo riportare in proposito degli esempi; ma per la sua specialità ne citerò uno. Nel 1840 ebbi dal governo pontificio il comando di tre piccoli bastimenti a vela per ricevere in Egitto alcune colonne di alabastro, che il munificentissimo vicerè Mohammed-Aly aveva donato alla rinascante basilica di s. Paolo in Roma. Giunto nel Nilo, e non essendo le dette colonne pronte per caricarsi, mi risolvetti di rimontare quel fiume con uno de'nostri bastimenti fino alla prima cateratta. Mio scopo fu quello di occupare il tempo dell'indugio

a conoscere un tratto di 825 miglia de' più grandi corsi di acqua, e visitare le magnifiche rovine di quello storico e classico paese. Giunto alla prima catteratta, voleva scendere al più presto al Cairo; ma un vento forte da nord non solo impediva la discesa, ma ricacciavami indietro. Più volte tentammo di levare l'ancora e d'impiegare tutti i mezzi in uso per ottenere l'intento; ma inutilmente e con molto pericolo del bastimento, in quel tratto di fiume presso Assuan (l'antica Syene) seminato di granito. Allora pensai che ponendo una vela sott'acqua attaccata al bastimento, essa ricevendo l'impulso della corrente lo avrebbe comunicato al naviglio per modo che, spinto da questa aumentata potenza, vincerebbe quella del vento e discenderebbe il fiume. Così facemmo, e ne risultò quanto desideravamo. Ma ciò che cade in acconcio qui riferire, in appoggio alla proposizione che ora tratto, si fu il vedere il bastimento non solo discendere con forte vento contrario, ma ben anche allontanarsi dagli scogli, dai banchi, dalle sponde sottili, e navigare sempre nel miglior canale con maggior precisione di quella che avrebbe potuto ottenersi se guidato fosse stato dal più intelligente e pratico pilota. Il bastimento dovendo ubbidire al centro di sforzo della vela sott'acqua, e questo essendo il prodotto dell'azione massima della corrente, veniva obbligato ad allontanarsi dai luoghi di pericolo, ossia di minor acqua, perchè vi era in essi minor corrente. Questo utile risulamento non deve far meraviglia: perchè, dirò con Arago, *plus on étudie de près les phénomènes naturels, plus ils acquièrent d'importance et de grandeur*. Mi pare che questo fatto potrebbe per analogia servire anche a render ragione, come quelle zattere di ghiaccio (così chiamate da Collegno parlando del trasporto degli erratici) cariche di massi di rocce di ogni dimensione e galleggianti in acque correnti, abbiano potuto evitare le gole, le tortuosità delle valli, e trasportarsi in mezzo a tanti ostacoli in luoghi molto distanti dal punto di loro partenza.

E quello poi che verificasi nei fiumi deve aver luogo anche in mare; anzi convengo pienamente col ripetuto de la Bèche, che « in quanto concerne la sola velocità dell'acqua, la forza di trasporto sarà minore, tutte le altre cose eguali d'altronde, lungo i lidi del mare che sopra le ripe di un fiume ». Macarte y Diaz aveva già detto: « In generale si osserva, che le correnti, le quali da 5 a 6 leghe o più dalla terra, seguono la direzione de' lidi *van perdendo la fuerza de su impulso quanto mas próximo á la costa; de suerte que á la inmediacion d'ésta, suele retracer en sentido contrario* ». De Rossel dopo il Macarte ha avvertito che « tutte le parti delle correnti, che hanno luogo in pieno mare, non prendono lo stesso grado di velocità . . . *la vitesse va en diminuant peu à peu, jusque près des bords* . . . ». E. C. Philippe de Kerhallet ha osservato, che la corrente della Guiana, *qui est une*

continuation du courant équatorial, ha quattro miglia di velocità in un' ora *dans le lit du courant*, mentre che presso il lido *elle diminue graduellement à moins de $\frac{1}{2}$ mille à l'heure*. In fine ogni barcarolo sa, che tenendosi presso il lido o presso un banco di sabbie allorquando la corrente di marea od altra è contraria, egli fa più cammino che tenendosi al largo. Il perchè bisogna avere a calcolo quest'altra causa di diminuzione di forza nella corrente litorale, quindi di sua minor azione. Invece « *les vents*, dirò con Aimé, *agissent* come produttori di *mouvement de transport* nella massa liquida, *avec d'autant plus d'énergie que la mer est moins profonde sur une plus grande surface* »; e l'onda da dieci a quindici metri di profondità si scioglie da ogni legge, e da questo punto alla riva, franta, travolta ed arruffata corre a guisa di torrente in piena istantanea, e peggio ancora, rovescia e trascina seco o, per lo meno, percuote con grande impeto quegli ostacoli che non cedono al suo corso sfrenato.

Dunque mentre l'azione di trasporto de' flutti è senza dubbio tanto più attiva quanto è meno profondo il mare, l'azione della corrente ha tanto meno valentia, quanto più diminuisce il fondo di esso, e si accosta alla spiaggia.

33. Vediamo ora qual'è la forza necessaria ad una corrente per ismuovere e trasportare il fango, le sabbie ed i ciottoli. Sebbene la scienza non possieda peranche norme precise su cui valutare la velocità necessaria affinché l'acqua possa vincere l'aderenza e trasportare le sabbie, le ghiaie, i ciottoli di maggiori o minori grossezze e di forme diverse, pure da alcune esperienze fatte in Francia, in Inghilterra, e fra noi, si può approssimativamente ritenere che la velocità di metro 0,15 in un minuto secondo occorre per trasportare l'argilla tenera; di 0^m,305 per la sabbia ordinaria, e di metro 0,975 per i ciottoli del volume di un uovo di gallina. Ma fatti di natura più adatti al caso nostro ci mostrano, che velocità ben maggiori sono necessarie per vincere l'aderenza delle suddette materie deposte nel fondo acclive del mare, sollevarle, trasportarle e formare o distruggere considerevoli depositi.

E qui non sarà superfluo rammentare che il Montanari ed i seguaci suoi danno ai flutti l'incarico di vincere quell'aderenza e di sollevare dal fondo i materiali, e lasciano alla corrente l'ufficio del trasporto di essi. Ma se ci facciamo a considerare la velocità della ripetuta corrente del Montanari, e tutte le cause che ne diminuiscono il valore disopra enumerate, io sono convinto che, tolta ai flutti l'azione di trasporto e data ad essi quella sola di smuovere e d'innalzare i corpi ostruttivi, la forza residuale della corrente in discorso non può seco convogliare, non dirò ciottoli e ghiaie, ma neppure sabbioni, sabbie ed arene, restando ad essa soltanto la belletta o al più l'ar-

gilla tenera, quai modesti materiali con cui essa può contribuire agl'interimenti de' lidi e de' porti. Ed è forse per questo che *LEONARDO* ci ha detto, « *le fortune di mare* gettano a riva una gran quantità di rena, la quale s'innalza per tutta essa riva ».

In generale senza le tumultuose agitazioni del mare e senza moto di trasporto nei flutti, ben poco sensibili sarebbero gli effetti di aumento o di diminuzione de' lidi. Eccone ulteriori prove.

34. Premetto anzitutto che dalle altrui e mie ricerche mi sono altamente persuaso, che dal fondo del mare provenga una gran parte de' materiali che ostruiscono i porti e protraggono i lidi. A. d'Orbigny, prendendo il numero sedici per l'assieme de' sedimenti marittimi, così lo divide:

<i>Sédiments fournis par les affluents terrestres</i>		4
» » » <i>l'usure des cotés</i>		10
» » » <i>les corps organisés</i>		2
<i>Total</i>		16

Ma più particolareggiate indagini fatte dal Marchal ci mostrano, che *l'apport fluviatil est inférieur à $\frac{1}{45}$ de l'apport marin dans la formation des polders de la Hollande*. Dimodochè, nelle sue conclusioni ei ci dice: *si les rivières ne charriaient jamais aucunes matières, la navigation des parties supérieures serait toujours bonne; mais la navigation de l'embouchure ne serait pas sensiblement améliorée*. Monnier ha scoperto, e con scrupolose indagini verificato, che *la barre de Bayonne se forme de sable fin, mêlé d'une grande quantité de graviers principalement quartzeux qu'on ne trouve ni dans l'intérieur ni à l'extérieur de l'Adour*. Dalle foci del Tevere sino al monte Circeo, cioè per la lunghezza di sessanta miglia, noi abbiamo spiaggia sottile e progressiva. « Allorchè, dirò col citato professor Ponzi quanto egli diceva di questo litorale, allorchè noi ci accostiamo al mare siamo veramente sorpresi nel vedere immensi tratti di paesi ingombri di un sabbione arido incoerente, su cui a stento si muove il piede, e sul quale la vègetazione si fa rara sempre più finchè del tutto scompare. La superficie di questa sabbia colpita dal vento può dirsi in un continuo movimento, avvegnachè vedesi increspata in direzione traversa al vento che soffia e le cresse camminare a modo di piccole dune. Quantunque soggette a questo rimescolamento di superficie pure vedute in grande, sono esse formate di letti stratificati indicanti bastantemente la loro nettuniana origine. Gli elementi di cui risultano formate queste sabbie, sono per la massima

parte di natura silicea e calcare ». Per spiegare questo vasto insabbiamento si è da taluno creduto, e fra questi il Linotte, che il Tevere ne era la causa; e, secondo lui, i materiali che ostruiscono il porto in Anzio sono quegli stessi scaricati dal detto fiume; ma io invece sostengo che l'influenza di questo gran corso di acqua si limita a piccola distanza da sinistra della sua foce di Ostia. Ed eccone la ragione. Dalla detta foce al monte Circeo la spiaggia corre per sud-est circa, ad eccezione delle due accidentalità fra Anzio ed Astura, e fra questa al Circeo. Egli è noto che i venti regnanti e dominanti in questa spiaggia sono dal sud-est al sud-ouest, e che quest'ultimo ne è la traversa. Coll'azione de' primi i materiali del Tevere sono trasportati alla destra di esso e non alla sinistra, ed in fatti, osservato dal mare o dalla cima della torre di Fiumicino, il colore più denso della vasta zona torbida che si sviluppa lungo il lido, si trova sempre a destra. Coll'azione dell'ultimo, cioè quello di traversa, i materiali stessi sono rispinti normalmente alla spiaggia, ossia non hanno moto notevole lung'essa. All'azione generale de' venti di sinistra si unisce anche quella della corrente litorale, la quale debole in tempo calmo è forte col soffiare di quelli e concorre ad operare nel verso di essi. Quindi è che per la potenza de' flutti di sinistra e per quella della corrente regnante, le torbide del Tevere sono obbligate a svilupparsi lungo la destra spiaggia. Quella parte de' materiali di esso fiume che i venti di ouest e quelli di nord-ouest, generalmente miti a confronto degli avversari loro ed agenti contro corrente, convogliano verso la sinistra delle sue foci, niuno potrà credere, io mi penso, che possa essere la causa di quel lungo e largo insabbiamento, e moltomeno i flutti di essi venti somministrare i materiali del Tevere al porto di Anzio, a trenta miglia di distanza ed a sopravvento secondo la costituzione di questo litorale. Una o due sciroccate bastano a distruggere e spazzare il circoscritto lavoro di un anno de' venti opposti. Se da questa argomentazione passiamo all'analisi meccanica de' materiali convogliati dal Tevere al mare, secondo le ricerche microscopiche inedite del Ponzi, le cui risultanze gentilmente mi ha favorito, rileveremo che essi si compongono: « 1°. di esilissimi e brillanti granellini di Quarzo jalino: 2°. di particelle calcaree, gli uni e le altre essenziali alle sabbie plioceniche: 3°. di piccolissimi cristallini di Pirossene nero, pezzetti di Leucite e di Olivina, Peridoto verde, e pagliette luccicanti di Mica, materie tutte formanti parte integrale dei tufi vulcanici romani e viterbesi: 4°. di gusci di Elici, residui di vegetabili, avanzi di opere manufatte, ed altri rimasugli che, caduti nell'acqua, furono dalla corrente tiberina trasportati ». Al di là del limite da me accennato, la spiaggia è costituita « da materiali più grossi indicanti un attrito fluviale minore e una maggiore forza di traslazione marina. In essi non si rinvencono che poche di quelle quisqui-

glie così frequenti nelle acque del Tevere, specialmente dopo aver passato pei luoghi abitati; ma invece valve separate e frammentarie di Donaci, Cardini, Mattre e di altre conchiglie arenicole, miste a gusci di qualche piccolo mollusco abitatore delle nostre coste ». Accampato per oltre un mese presso la foce di Rosetta, nella citata spedizione in Egitto, ho potuto più volte verificare quanto Jomard racconta sopra l'origine delle sabbie del delta del Nilo. *Souvent, egli dice, je restais une heure entière à considérer dans son origine et dans sa marche le phénomène de la formation des sables: je voyais les vagues se briser et apporter une petite ligne à peine sensible d'un sable très-fin, une autre vague revenait chargée comme la précédente, et cette nouvelle ligne de sable repoussait un peu la première: celle-ci une fois hors d'atteinte de l'eau, frappée par un soleil ardent était bientôt séchée et donnait prise au vent qui aussitôt s'en emparait et la charriait dans l'air. Les parties de gravier moins légères n'arrivaient pas aussi loin, mais soumises au mouvement alternatif, s'usaient de plus en plus, et se transformaient peu à peu en sable.*

Nel convenire sulla ipotesi del Marchal e nel ritenere per verissimi i fatti da lui, dal Monnier, dal Ponzi e dal Jomard riferiti, credo dover dichiarare esser vero puranche che l'origine e l'aumento del delta de' nostri fiumi è il prodotto dello scarico de' fiumi stessi. Quando anche il mare non recasse materiali al delta del Tevere, del Po, del Nilo e di altri, esso sarebbe non di molto inferiore della massa attuale; perchè quei detriti del fondo del mare, che il moto ondulatorio normale alla fronte del delta vi trasporta e deposita formandone punta inoltrata fra le due foci, vengono dallo stesso moto, quando è inclinato, tolti e trasportati a destra od a sinistra. La debolezza delle correnti di maree o littorali del mare nostro, pochissima parte possono avere nello spandimento a grandi distanze delle materie scaricate dai suddetti fiumi; e ciò spiega senza dubbio, la rapida e vasta estensione de' nostri delta, e quella tarda e limitata de' fiumi studiati dal Marchal e da altri nell'Oceano. D'altra parte è però ugualmente certo che alcuni tratti de' lidi mediterranei ed oceanei si protraggono senza ricevere materiali dai fiumi, e neppur dalle rive marittime. « Le coste de'reali dominj, leggo in Rivera, hanno lo sviluppo di 1500 miglia e di esse almeno 1100 miglia consistono in dune di considerabile larghezza per le progressive protrazioni delle spiagge. Sono maggiori le protrazioni ne' tratti adiacenti alle foci de' fiumi e torrenti che trasportano nel mare più copiose alluvioni, dopo le imprudenti dissodazioni de' monti. *In alcuni altri tratti ne' quali le correnti littorali non producono corrosioni, appiè delle rupi comunque s'innalzino quasi a picco, si veggono formate larghe spiagge in guisa che dal capo dell' Armi fino a Taranto, tranne alcuni promontori sporgenti, si può andar*

co'carri lungo la duna ». D'Orbigny assicura che *des sédiments considérables* si depositano sopra le coste où *il n'existe aucun affluent terrestre* come quelle del Chiff, della Bolivia e del Perù: e considerabili insabbiamenti egli ammette anche in quelle coste ove *il ne pleut jamais*, citando quelli che si sviluppano *depuis Coquimbo jusqu' à Guayaquil*. Ed il Marchal, più specialmente impegnato in questa ricerca, mi conferma che nelle coste stabilite, cioè non soggette per la loro durezza a corrosioni, si hanno rilevanti accumulamenti di materiali. *En résumé*, egli dice, *nous avons d'abord montré, par l'exemple de la baie du mont Saint-Michel, que dans la Manche la mer agissant seule, même sur des côtes à rochers cristallisés, exerce une puissance d'apport considérable, que nous avons évaluée pour la seule baie du mont Saint-Michel à 600000 mètres cubes par an*. Per me non vi ha dubbio alcuno che nel fondo del mare l'agitazione de' flutti faccia una potente triturazione delle materie mobili fra le quali possono essere comprese le conchiglie, e così somministrare una parte della sostanza calcarea che vi si rinviene; e i flutti stessi quasi esclusivamente (e non la marea, come crede il citato Marchal) trasportino poi i materiali così preparati e formino le rive di lunghi e larghi tratti di littorali. Vengo alle prove, di cui sopra.

35. L'esperienza ci fa sicuri, che le chiuse di spurgo, o di cacciata (*écluse de chasse*) usate nei porti a marea hanno poco effetto sopra un fondo maggiore di tre metri, anche quando lo scarico dell'acqua ha due miglia l'ora di velocità alla superficie. Lamblardie, padre, ha osservato che lungo il lido dell'alta Normandia il movimento della marea, paragonato all'effetto del vento *sur les vagues, est presque insensible*. Egli ha più volte veduto in tempo calmo, *que le courant de la marée, ne donnait, le long de la côte, aucun mouvement au galet*. Ed è noto che la velocità della corrente-marea in quel lido può ritenersi di due miglia l'ora. Monnier parlando di una corrente littorale di 1^m, 4 per secondo, non crede che possa *vaincre l'adhérence des matières déposées au fond de la mer, puis les transporter au rivage et y former ces dépôts considérables qu'on remarque dans certains parages*. Reibell si è convinto che la *locomotion des corps immergés* può essere dovuta unicamente *aux vagues* e che le correnti del mare di 2 a 3 metri per secondo di velocità possano solo avervi parte, *mais sur une bien moindre échelle*, e solamente per le materie *d'un faible volume*. John Washington, parlando del moto de' materiali lungo il lido di Dover, consistenti in minuta ghiaia (*shingle*), conferma che sono spinti innanzi dall'azione delle onde soltanto: la corrente di marea anche nella sua massima forza (*even in its greatest strength*) non esercita influenza su di essi. Quindi una corrente di oltre due miglia e mezzo

l' ora non basta a smuovere o trasportare i minuti materiali che giacciono presso e lungo quel lido. Il de la Bèche che più d'ogni altro si è occupato di questo argomento sopra i lidi del mare, dopo aver esposti molti fatti che confermano il mio assunto, avverte « essere importante di ben penetrarsi di questi fatti, i quali provano che allorquando le correnti maree passano sopra fondi di sabbia con delle velocità anche di due o tre miglia l' ora a qualche piede al disopra del fondo, il movimento dell'acqua non rimuove sensibilmente le sabbie. Il fatto, conclude il medesimo, il fatto della non alterazione de'fondi, su cui le maree o le correnti passano con velocità considerevole, è ben noto ai marini, e sembrerebbe che noi fossimo lungi d'avere delle idee esatte sopra la velocità che deve avere l'acqua a diverse profondità per trascinare della melma, della sabbia e de'ciottoli ». Il ripetuto Monnier dalle proprie osservazioni ha dedotto che *un banc de sable fin*, situato al nord della foce dell'Adour *et faisant vers le large une saillie aussi prononcée que la barre*, è completamente sparito sotto l'urto de' flutti di ONO.; *mon calcul*, egli dice, *porte à environ 300000 mètres cubes* la massa di sabbia in tal modo gettata sopra la riva destra dell'Adour, in dieci o dodici anni ».

Ma veniamo all'Italia. Se la sua corrente litorale avesse azione immediata sul fondo de'suoi lidi dovremmo vedere sul fondo delle spiagge sottili l'impronta di lei: esso essendo di arena, ed in molti luoghi finissima, dovrebbe essere lavorato e conformato nel verso della direzione della corrente; ma in vece vediamo il detto fondo ondulato nella direzione, in generale, perpendicolare a quella del vento che ha regnato. Verificasi dunque nel fondo del mare quanto osservasi alla superficie delle dune; in queste le arene ondulate non lasciano dubbio alcuno essere il risultato di un movimento percussivo e progressivo impresso in esse dal vento che sopra ogni altro ha regnato, e si dispongono normali ad esso; quindi quello come queste sono l'effetto della stessa causa. Dalle mie osservazioni sulla direzione dello sbocco de'fiumi in mare ho trovato confermato quel che ne riferisce in proposito il Castelli. In questo si legge: « Io ho osservato in Toscana, nella spiaggia romana e nel regno di Napoli, che quando un fiume sbocca in mare, sempre nel mare stesso si ritrova nella sboccatura quasi come una mezza luna, ovvero una trinciera di radunata di arena sotto l'acqua assai più alta, che il rimanente della spiaggia, ed è chiamata in Toscana il cavallo, ed in Venezia lo scanto; il quale viene tagliato dalla corrente del fiume, ora dalla banda destra, ora dalla sinistra, ed alle volte nel mezzo, *secondo che spirano i venti verso quel sito* ». Anche il de Fazio ha veduto che le foci del Volturno e quella del Sebeto s'inclinano a seconda del vento che ha regnato *malgrado della corrente litorale*. Ed il Brighenti ha molte volte verificato che

« i canali fatti dalla Marecchia, dalla Foglia e dal Misa sulla costa adriatica fra Cesenatico e Sinigaglia hanno la fossa mutabile secondo la direzione della traversa, come dicono, o *del moto ondoso delle burrasche* ».

Un altro fatto, che vale sempre più a mostrare quale possa essere l'azione del moto radente nello smuovere o trasportare le arene, è l'effetto prodotto in que'guardiani posti a difesa della bocca de'porti e a qualche distanza da essi. Se ci facciamo ad osservare questi ripari lungo il litorale italiano nell' Adriatico, ove la direzione della corrente è opposta a quella de' venti regnanti e dominanti, vedremo che i materiali, le arene, sabbie, ghiaie o ciottoli che siano, si trovano accollati ed ammassati dalla parte destra de'guardiani, cioè da quella parte da ove si sviluppano le *levantare*, venti dominanti e regnanti in quel litorale: mentre dalla sinistra, da cui viene la corrente, non si scorge cotanto sensibile accumulamento di essi, per minuti che siano. In vece se volgiamo lo stesso studio a quei ripari artefatti o naturali lungo il nostro litorale, ma nel Tirreno, vedremo che i materiali sono rattenuti dalla sinistra dell'ostacolo: perchè i venti meridionali, che sono regnanti e dominanti in questo litorale, scendono da manca a destra, unendo così la loro azione a quella della radente. Gli stessi effetti troveremo se ci facciamo a studiare le rade ed i porti. « La costa di Valparaiso (Ghill), racconta A. d'Orbigny, *nous a offert un exemple curieux de l'effet sous-marin des vents*. Il porto è formato dal capo Coromillera, che lo garantisce dai venti e dalle correnti regnanti dalla parte del sud. Quando soffia questo vento, la rada di Valparaiso è tranquilla; il suo fondo, di ragguardevole quantità di acqua, è formato di tenui sedimenti, e le acque sono pure e limpide. Allorquando, verso il mese di marzo, in quasi tutti gli anni, il vento gira all'ouest o al nord-ouest, il porto non è più difeso; *la houle devient plus forte, remue le fond sur le mouillage*, l'acqua si carica di particelle terrose in movimento, le quali non si depongono che quando il ritorno del vento verso il sud riconduce la tranquillità ». Eugenio Robert, completando gli studi di altri osservatori sulla notevole tendenza che hanno i fiumi dell'alta Normandia di volgere i loro sbocchi verso il NE., si è convinto che ciò si debba *à une seule cause*, cioè, *à l'action predominante des vents qui soufflent de la partie ONO. du compas, action telle, que les galets qui ont passé du côté O. de la jetée au côté E., ne retournent jamais à leur point de départ*. Minard ha registrato che nel golfo della Napoule, ove è situato il porto di Cannes, con de'venti da *ouest au sud-ouest*, le sabbie del lido all'ouest di Cannes si avanzano verso il porto: questo cammino ha luogo *contre le courant littoral de la Méditerranée allant de l'est à l'ouest*. Ma torniamo ai nostri lidi. Nell' Adriatico il porto di Ancona aperto alla corrente litorale, ma difeso dal capo

di monte Conero e dalla costa che si prolunga presso il molo dai venti regnanti e dominanti di quel mare, si è mantenuto anche a traverso i lunghi secoli di barbarie: invece nel Tirreno quello vastissimo di Anzio non coperto da verun prossimo capo, ed aperto ai venti infesti di questo mare, cioè di sinistra, ebbe breve durata utile, ed è giunto a noi ricolmo di arena. L'altro di Civitavecchia, a ridosso del vicino capo Linaro, riparato in gran parte dai detti venti, si è sempre conservato alla navigazione: e così quello di Livorno difeso interamente dagli stessi venti, dalla buona disposizione data al suo molo, si è mantenuto quale era ai tempi de' primi Medici suoi fondatori. Nell'interno del porto di Civitavecchia e precisamente negli angoli formati dalle banchine sotto la fortezza, ed anche sotto la calata presso la scaletta, si vedono de'raduni di ciottoli del volume medio di un uovo di gallina, ed alcuni di misura doppia e quadrupla. Questi ciottoli sono la maggior parte dello stesso materiale degli scogli dell'antemurale; il rimanente di materie diverse. I primi a me sembra certo che provengano dall'antemurale stesso; i secondi possono provenire dal fraudolento gettito della savorra dei bastimenti ormeggiati nel porto. Ma provengano essi dall'antemurale o dai bastimenti, non vi ha dubbio che detti ciottoli traversano o l'intero porto o gran parte di esso, ossia un tragitto di 600 o 200 metri circa in un fondo di 2 a 6, e da 6 a zero metro di acque piene. Ora, quale può essere la potenza che imprima moto di traslazione a materiali del volume e del peso de' sopra accennati? La corrente litorale no davvero, perchè, quando ne avesse la forza, la sua direzione essendo verso NO. i detti materiali sarebbero trasportati fuori del porto alla parte destra di esso, invece essi si trovano nell'interno del porto ed alla parte sinistra: quindi devono essere i flutti. E che i flutti sieno, si fa puranche manifesto dalla posizione che occupano nel porto i detti ciottoli. Essi si trovano rattenuti in maggior copia negli angoli che guardano l'apertura della bocca di ponente. Nella scogliera dell'antemurale i piccoli massi per il cozzo fra essi in tempi di grosso mare si riducono a ciottoloni e quindi a ciottoli, avviandosi di mano in mano sulla punta di scogliera che restringe la detta bocca e termina sul fondo della bocca stessa. I flutti di ouest e di ouest-sud-ouest, che v'imboccano, spingono i più piccoli negli angoli suddetti. Gli stessi flutti, scavalcata la lingua di scogliera, si propagano nel porto come onde di poca altezza e di poco sensibile moto di trasporto alla superficie, e solo l'urto loro sul fondo e la corrente da essi ivi creata devono imprimere moto di trasporto ai materiali. Ad aumentare i depositi sopra indicati può anche prender parte la risacca di fondo prodotta da quei flutti che entrati dalla bocca di sud, detta di levante, vanno a percuotere nel braccio del lazzeretto. I ciottoli che entrano da que-

sta parte si dividono in due masse: una dalla risacca della scogliera del bicchiere è trasportata nell'interno dell'antemurale sotto il faro, e vi forma deposito; l'altra dal flutto diretto è condotta al molo del lazzeretto ove lascia una piccola porzione nell'angolo formato dalla così detta piazza da basso, il di più è rispinta per la risacca di fondo sotto la fortezza e sotto la calata come ho detto in principio. Un testimonio perito e di vista, cav. Bounin, mi ha raccontato che in Algeri uno scoglio di due metri cubi, dopo una tempesta, dall'antico molo venne trovato presso la sanità, cioè a 160 metri di distanza, avendo traversato un fondo di 3 a 8, e da 8 a 1 metro. Dal giornale del fanale di Livorno tenuto dal citato Parenti si desume, « che il 15 gennaio 1843, essendo vento e mare da libeccio, atteso la forte risacca che viene prodotta dal mare riflesso dalla scogliera del molo Cosimo, la barca di servizio del fanale, lunga 21 piede, venne affondata non ostante che avesse una bozza da prova di 4 passa sopra un cavo da posta che pur doveva cedere. La detta barca *dopo affondata ruppe gli ormeggi*, e poscia si ritrovò malconcia presso la scogliera del molo suddetto ». Questo fatto ci prova che la risacca sottomarina ebbe la forza di rompere gli ormeggi della barchetta alla profondità di circa sei metri e di trarportarla per 250 metri in un fondo acrive a fracassarsi presso la scogliera. Dallo stesso giornale si desume ancora un fatto già in parte da me riferito, cioè che « nel mese di novembre la suddetta risacca portò via da un remoto angolo della piazzetta 9 scalini di pietra di Musulmano di libbre 800 circa ognuno, residuo della nuova scala interna del fanale, ed inseguito furono trovati *in fondo al mare sotterrati dal fango e tutti arrotati* ». Il che ci prova che la potenza del flutto potè rimuovere quei massi alla profondità di 4 a 6 metri, arrotarli e coprirli con strati di fango.

Dunque dai raccolti fatti risulta sempre più confermato quanto ho già esposto nella prima parte di questa scrittura, cioè che i flutti trasportano in alcune circostanze alla superficie; trasportano da questa sino al fondo quando non hanno più libero sviluppo, e trasportano e rovesciano ed arrotano con rilevante potenza a ragguardevoli profondità; e che questi trasporti si effettuano anche contro la direzione della corrente litorale. Egli è però che gli sbocchi de' fiumi del nostro litorale nell' Adriatico, armati o no, formando colla loro perenne correntia un ostacolo al libero scorrimento del regnante flutto-corrente, favoriscono il deposito de' materiali alla destra parte, cioè nel punto d' incontro delle due potenze: il qual deposito obbliga poi gli sbocchi stessi a piegare a sinistra perchè quivi trovano minor resistenza. — Questa *semplice* spiegazione del tanto celebrato fenomeno de' sbocchi in mare, io la

credo *naturale*, mentre *ingegnosa*, ma *arteficiale*, sono convinto che sia quella del Montanari —.

Che se questi fatti possono, in apparenza, essere contraddetti da qualche eccezione, l'eccezione stessa è la conferma della dottrina da me abbracciata. « Imperocchè, dirò colla autorità del de Luca già citato, imperocchè tutto è regolare nell'andamento delle leggi fisiche: nè esiste anomalia, che quando si guardano taluni fatti senza il corredo di tutte le circostanze dalle quali sono accompagnati ». Per esempio, in Sinigallia l'accumulamento è di qualche metro maggiore nella sinistra palata; ma quivi la destra spiaggia è in gran parte a ridosso del promontorio di Ancona; laonde l'azione de' regnanti venti di quel litorale si trova di molto modificata. Il Paoli ha sulla faccia del luogo studiato le cause di questa eccezione, e dopo tali studi, che di persona anch'io ho potuto ripetere, bisogna convincersi che l'interrimento nella prossimità di quel porto non viene in verun modo da qualche fiume situato alla destra, ma dai materiali del proprio suo fiume e da quelli tolti dal fondo del mare, e però essi possono essere maggiori dalla sinistra.

E non solo la corrente marina non può da per se sola distruggere o formare rilevanti interrimenti, e vincere il moto di trasporto de' flutti, ma nè anche ha forza di tenere sgombrato un luogo, ove altre cause tendono ad interrirlo; e gli esempi che sono per addurre si troveranno per il mio assunto principale, non meno concludenti di quelli di sopra riportati. « Sovente, dice E. de Beaumont, sovente un isolotto si congiunge alla costa con due cordoni litorali: tali sono per esempio le penisole di Giens, di Quiberon, ec. » Lo stesso autore altrove nota « che la penisola d'Hyères, non lungi da Tolone, *formait originaiement une île*: ma essa è oggi unita alla terra ferma da un terreno piano, orlato da due lunghi cordoni litorali ». Malte-Brun ha pur egli notato che *l'île de Tyr a été unie au continent par une main plus puissante que celle d'Alexandre*. Bernard osserva « che la penisola di Greu presso Tolone era per lo passato un'isola, ed eravi corrente fra essa e la costa; nulladimeno le sabbie convogliate dal Gapeau si sono tutte deposte alla destra di questo fiume sotto il ridosso formato da detta isola, e l'hanno congiunta al continente ». Quella corrente che io ho osservato nel lido livornese, l'ho pur anche trovata in quello di Anzio. Per eliminare o almeno diminuire il sempre crescente interrimento nel nuovo porto Innocenziano, si pensò trar profitto da detta corrente, la quale in quel capo è ben sensibile. A tal effetto il Venturoli ci racconta che « si aprirono per consiglio di Boscovich nel molo vecchio di sinistra due bocche, che poi si riunirono in un canale largo nove metri. Questo si escavò e si prolungò sostenuto da palafitte sino all'acqua del porto vecchio. E perchè si temeva che

le mareggiate di libeccio l'ostruissero, ne fu munito lo sbocco con traversa da aprirsi e chiudersi all'uopo. Così nel porto nuovo s' iniziò altra palizzata per mantenere aperto l'ingresso all'acqua del porto nelle due bocche di comunicazione col porto antico. Questi lavori furono eseguiti con alacrità, ma ebbero fin da principio sinistro incontro, perchè il canale nel porto vecchio non fu appena scavato che s' interrì. Ora non si trova più traccia nè delle bocche, nè del canale; salvo alcun avanzo delle palafitte semisepolte nella spiaggia ». Dunque il moto radente, quantunque incanalato e dall' arte condotto e difeso, non valse a spurgare il porto, e neppure a mantenere escavato il canale che gli venne aperto. Al capo del monte Circeo, punto molto *foraneo*, tutti i marini sanno che la corrente è ben più veloce che nel resto del nostro litorale. Omero chiama quel monte un' isola, e Teofrasto ancora, secondo si legge in Plinio, lo descrive come un' isola, della quale indica benanche il circuito. Ora, quella corrente che passa oggi fuori del monte, doveva, quando era isola, passare fra esso e la terra ferma; nulladimeno il ripetuto monte è divenuto penisola attaccata al lido con dighe o cordoni di melme e di sabbie. Che anzi la duna occidentale che fa parte di questo attaccamento *semble*, al de Prony, *avoir été formée la première*. Supposizione che può passare in certezza, se ci facciamo a riflettere che in questa duna, appoggiata da nord-ouest alla punta di Astura e da sud-est al monte Circeo, il vento dominante nel Tirreno vi scende pressochè normalmente, e se ammettiamo, come io sono convinto, che i detriti del fondo del mare possono aver rilevante parte negl' insabbiamenti anche contro la corrente litorale.

Se dopo le riferite ricerche particolari entro in un campo più vasto, cioè in più generali investigazioni, mi vedo confermati i risultamenti già ottenuti. I fatti e le argomentazioni raccolti e dettate dal de la Bèche su questo proposito mi fan conoscere, che i paraggi dell' Inghilterra e del nord della Francia sono posti in circostanze le più favorevoli alla escavazione di valli nel fondo del mare, dall' azione delle maree e delle correnti, quante volte però questa azione fosse mai capace di produrre tali effetti; giacchè la profondità dell' acqua essendo poco considerevole, quel fondo si trova esposto a tutta l' influenza delle correnti e delle maree, la cui energia dev' essere pur anche aumentata dalla velocità che esse acquistano per gli ostacoli delle coste e de' banchi di sabbia. Nulladimeno in cotesti paraggi verun sistema si scorge di valli o di colli, corrispondenti a quelli del suolo ove noi abitiamo, ma invece puossi considerare quel fondo come un piano perfetto. Quindi mi si manifesta in esso più l' azione pressochè *livellatrice* de' moti ondulatori, per le differenti direzioni e varie potenze loro, che quella *escavatrice* di costante e vegeta corrente.

Così se dai paraggi anglo-francesi pongo mente alla già citata carta del Maury (p. 66), la quale mi disvela dalle coste agli abissi l'andamento del letto dell'Oceano, e che abbraccia dell'Atlantico la parte più mossa dalle correnti, cioè dalla latitudine 55° nord a quella 10° sud, e dalla costa occidentale dell'Africa a quella orientale delle due Americhe, io vedo che le più costanti, regolari e vive correnti del nostro globo non marcano traccia della loro azione nel fondo su cui passano. Perchè, leggo in *LEONARDO*, *l'acqua che corre sopra gran fondo, s'ella non vi entra con colpo non va in fondo, onde quella del fondo fa poco mutazione*»; e niuna ne farà, oltre un certo limite. Difatto dall'erudito annuale discorso letto nella riunione della società geografica e statistica americana il 16 febbraio 1854 dallo stesso Maury, e che accompagna quella carta, apprendo che il piombino, fatto scendere in quel vasto bacino alle profondità di 1500 a 2000 passi (*fathoms*) da Berryman e da J. M. Booke, ha portato alla superficie del mare una collezione di eccellenti esemplari de' materiali che coprono quel fondo, la quale dal Bailey con diligenza esaminata, si è trovato contenere soltanto microscopiche conchiglie, la più parte calcaree, chiamate *Foraminifera*, il rimanente selicee, *Diatomaceae*. Niuna particella di arena o ghiaia esisteva fra esse (*Not a particle of sand or gravel exists in them*). « Dalla qual cosa, conclude il Maury, si deduce che questi fondali non sono affatto molestati nè dalle correnti, nè dalle onde (*Hence the inference, that those depths of the sea were not disturbed, either by waves or currents*) ». Ma veniamo a profondità molto minori. Quella vasta corrente equatoriale proveniente dalla costa occidentale dell'Africa che, giunta nel canale formato dall'isola di Fernando de Noronha e dalla costa del Brasile, è animata di 2 a 3 miglia l'ora di velocità, e che ivi obbliga i bastimenti che vi cadono a ritornare nell'emisfero boreale per rimontare all'est e proseguire il loro viaggio al sud, cotale corrente dico, non presenta sul fondo di quel canale norma di sè. Dal capo s. Rocco dirigendosi essa sulle coste della Guiana, nel mar delle Antille allaccia il ramo passato al nord della suddetta isola e fra quel vasto arcipelago, e per il golfo del Messico sbocca dallo stretto della Florida con una velocità di 5 a 6 miglia l'ora: non pertanto in tutto questo veloce e lungo corso verun punto del fondo indica il suo passaggio. Quei lidi e quei fondi hanno il carattere delle nostre spiagge prive di correnti; in quelli come in queste gli stessi sistemi di cordoni littorali, gli stessi lavori propri del giuoco delle onde; ed il golfo messicano presenta un vasto territorio in colmata, e non in corrosione ed in scavamento.

Io ritengo adunque che bene a ragione il Deluc accenni, il Tadini dimostri e A. d'Orbigny confermi con le qui appresso parole, che *on a beau-*

coup exagéré l'importance des courants dans les causes géologiques (ed anche, soggiungerò io, riguardo alle opere idrauliche) en leur attribuant des effets qu'ils n'ont pas, et qu'ils ne peuvent avoir.

36. Molti altri fatti potrei citare a sostegno del mio assunto: ma i soprallegati mi sembrano bastanti a dimostrare, che la nostra corrente non ha sufficiente forza per sollevare materie di veruna specie, nè di trasportare quelle alquanto pesanti dai flutti inalzate, e per conseguenza di formare o distruggere rilevanti interrimenti in qualunque punto del lido livornese e di tutta l'Italia.

Posta la questione nell'epoca nostra ed in tempi normali, cioè non di cataclismi, e tolte alcune località eccezionali, come quelle degli stretti di Messina, Gibilterra e simili, io sono convinto di quanto G. Collegno asserisce, che « le correnti non hanno alcun potere di erosione: il solo effetto del moto delle correnti e della marea pare essere il distribuire sopra estesissimi spazi le materie trasportate dai fiumi e quelle tolte alle spiagge (e dal fondo del mare, aggiungerò io) dalle onde marine durante le tempeste »: ed anche in tempi di venti discreti, aggiungerò ancora, come ha avvertito il Mari, e come si può desumere da alcuni fatti raccolti dallo Stile e dal più volte citato de Rivera. Le onde, sempre piccole per qualunque forza di vento, che possono sollevarsi nel lago Fucino sono atte, al dire di questo osservatore, « allo *stritolamento della roccia in ciottoli di diversa grandezza* in tutta la costa di oltre sei miglia di lunghezza, cioè dalle vicinanze dell'emissario Claudio fin presso Ortucchio ». Ed Ignazio Stile aveva già avvertito che le tempeste di detto lago *mettendo tutta la ghiara in agitazione*, i canali artificiali in esso praticati vengono nelle bocche *ricolmati di ghiara*. « Per opera del flotto stesso, nota ancora il Rivera, e non certo per corrente litorale stabile soggiungo io, i ciottoli sono disposti appiè della costa con l'inclinazione corrispondente alla loro grandezza, ed i più piccoli *con moto di traslazione sono stati trasportati* in quelle parti del perimetro ch'è disgiunto dalle falde de' monti per un' ampia pianura dolcemente inclinata ».

37. Facendo ora per ordinato discorso il confronto fra la forza e gli effetti de' flutti con la forza e gli effetti delle correnti, non può non convenirsi della gran prevalenza che hanno i flutti sopra qualunque corrente di marea o litorale, in ordine al zappare ed al trasportare materiali anche in direzione opposta della corrente regnante, e quindi al formare o disfare interrimenti; e però la direzione regnante non delle correnti, ma dei FLUTTI DEVE AVERSI PRINCIPALMENTE IN MIRA, OVE SI VOGLIA PROVVEDERE ALLA CONSERVAZIONE DE' PORTI.

Le lunghe serie di fatti raccolti, accadendo uniformemente nelle medesime circostanze, sono, a parer mio, solida base per dedurne la suddetta legge degli insabbiamenti. Ma se i sostenitori della costante immobilità dell'acqua nella massa che costituisce l'onda intera anche presso il lido, non verranno nel mio avviso contrario ad essi dopo i fatti raccolti nella prima e seconda parte di questa Memoria, ho fiducia però che sieno per convenir meco, che moto di trasporto ed impetuoso esista nelle onde quando esse sono frante. Or bene; questo basta per rovesciare l'edificio della dottrina del Montanari. Ho detto che l'onda si frange a venticinque metri e più di profondità. — Legendre nota che a Jstapa, porto di Guatamala, *la mer brise par 10 et 12 brasses* (17 e 20 metri). Lartigue, dalle sue osservazioni ha dedotto che *par neuf ou dix brasses* (15 o 17 metri) *vis-à-vis des côtes de la Guiana, la mer est toujours grosse de puis ce brassage jusqu' a terre; elle brise même quelquefois comme sur des fonds de roche, principalement pendant la saison des vents de NE.* C. Philippe de Kerhallet avverte che all'isola di Sabbia *sur la barre de NE.* in un fondo di 18 a 24 mètres *le brisants s'élevent pourvu qu'il y ait un peu de mer.* Alex. Vidal ha registrato che nelle seccagne al NO. di Porto-santo (Madera), le quali trovansi a 20, 27, e 31 metri sotto la superficie del mare, l'onda *si frange con violenza* nei cattivi tempi. Abbiamo veduto che Monnier ha avvertito che in alcune seccagne del golfo di Guaseogna, coperte di 34^m di acqua, l'onda si frange. A. Lieussou ha osservato che nell'interno de' golfi della Algeria, *généralement bordés par de belles plages de sable, . . . la houle, . . . dès qu'elle atteint les profondeurs d'eau de 7 à 8 mètres, elle se change en brisants*; ma in quello di Philippeville e nella cala di Stora *cette houle si trasforma in frangenti dès qu'elle atteint les profondeurs de 12 mètres, . . . à la furie dequels il est impossible à un navir de résister.* Così nel litorale italiano tanto nel Tirreno quanto nell'Adriatico non è necessario un fortunale di molta durata perchè i marosi si frangano a nove o dieci passi (15 o 17 metri) in un fondo di scoglio, a sette o otto (11 o 13 metri) in una spiaggia arenosa ed a quattro o cinque (7 o 8 metri) in un letto di fango —. Ma affinchè il lettore convenga che di frequente vedesi ripetere questo fenomeno in fondo di arena, limiterò il punto d'infrangimento a dieci metri di acqua soltanto. Presi ad esame, per esempio, gli scandagli del lungo litorale alla sinistra di Ancona, vedremo che la profondità di dieci metri si trova ragguagliatamente ad un miglio dalla sponda; quindi in questa zona i frangenti disporranno, secondo la direzione del loro moto, non solo de' materiali di quel lido, ma anche de' detriti di quel fondo. E quale corrente marina può stare al confronto della potenza de' frangenti? e vi starà forse la mitissima nostra radente? Forse l'interrotta azione de' flutti darà tempo alla

corrente, negl' intervalli di calma, perchè riponga nel pristino stato il suo lavoro da quelli scompaginato? Ma non dice il Montanari stesso che senza l'azione zappatrice de' flutti la corrente non può produrre lavoro? e basteranno per formare rilevanti interrimenti lungo i lidi, le tenuissime materie, cioè la belletta o l'argilla tenera, che conservano lievemente colorata l'acqua, dopo cessata ogni ondulazione? Ora, sarà in detta corrente e non nei flutti, che si dovrà basare la dottrina degl'insabbiamenti? In verità, dopo gli studi del Castelli, del Boscovich, del de Fazio, del Brighenti, del de la Bèche, del Paoli, e dopo quel poco da me aggiuntovi in questa ed in altre scritture, mi pare che un tal soggetto non ammetta maggior disquisizione; laonde resta ferma la soluzione disopra emessa.

38. Ma benchè la corrente da per se sola non abbia efficacia di solcare il fondo e corrodere il lido, e, generalmente parlando, non abbia potenza di trasportare materiali alquanto pesanti, essa però deve aversi a calcolo, specialmente per gli effetti che può produrre nei bacini che costituiscono i porti, e ciò per due generali motivi; 1°. perchè, anche debole, ha veggio di convogliare le smosse materie minute e specialmente le alghe; 2°. perchè, quantunque la sua azione sia lenta, gli effetti con tuttociò possono essere apprezzabili per la quasi continua presenza, e per la quasi costante operazione della causa. Così pure sono da aversi in conto le contro correnti, come magistralmente ci prova il Casoni.

39. Che se poi teniamo dietro agli effetti della ripetuta corrente litorale quando il mare è mosso dai venti che tendono nella stessa-direzione di essa, li troveremo allora notevolissimi. Abbiamo veduto che i venti hanno in fatto molta influenza su tutte le correnti, e l'esperienza mi prova che, come nell'Adriatico così nel Tirreno, ne hanno eziandio in quella radente. In questa, quando soffiano da terra, ho osservato che ne aumentano la larghezza superficiale a detrimento della velocità, la quale di sua natura mite, diviene mitissima: se soffiano nella direzione della corrente, ne conservano la normale larghezza e ne aumentano la velocità più o meno, secondo la forza e durata del vento: se la direzione di questo è opposta a quella della corrente ed è di due o tre giorni di durata, cessa l'azione della regnante corrente, e ne subentra un'altra nella direzione del vento la quale dura quanto la causa che la produce: se i venti scendono dall'alto mare, obbligano la stessa corrente a stringere sensibilmente la zona; e ragione mi detta che aumentano l'azione di essa in profondità aumentandone in ogni punto la velocità proporzionatamente alla direzione, forza e durata del vento. In questi

casi la radente può divenire potentissima; ed io posseggo lunga serie di fatti che lo comprovano. Qui basterà riportarne due accaduti in Livorno, i quali vengono in conferma de' rilevanti effetti che può produrre nel lido livornese l'unione della forza de' flutti e della corrente. Il primo mi è stato favorito dal sig. Luigi Mancini distinto architetto navale in Livorno ed io lo riporto colle stesse sue parole. « Nel mese di gennaio 1831 uno Scuner inglese fu da una forte libeccia gettato a traverso della spiaggia, a ponente di Livorno e precisamente fra la torre del Gombo e la foce del Fosso-morto. Cessata la burrasca lo Scuner restò del tutto all'asciutto a traverso e parallelo alla battigia del mare alla distanza di 3 metri, ed immerso nell'arena 1^m, 25. I proprietari del detto Scuner avendone fatto l'abbandono agli assicuratori, questi lo venderono all'asta, e mio padre in società con un suo amico lo acquistò. Per ricuperarlo fu mestiere in prima di scaricarlo del poco carbone fossile che aveva per zavorra, estrarlo dalla sua buca e metterlo in angolo retto colla spiaggia. Dopo di che fu invasato regolarmente e varato. Con facilità si poté trarlo fuori sino al primo cavallo (essendo ben noto che la spiaggia tra bocca d'Arno e bocca di Serchio è assai secca, e sonovi i cosiddetti cavalli da sormontare prima di trovare una profondità di oltre due metri) il quale non aveva su di esso che otto decimetri di acqua. Quindi fu stesa un'ancora con una catena aggiuntata ad una gomina per fargli sorpassare il cavallo, nel tempo stesso che alcuni uomini procuravano estrar l'arena sotto la prora; ma nel tempo che si eseguiva questa operazione, il vento girò nuovamente a libeccio, per cui scendendo un mare piuttosto grosso gli uomini impiegati a tagliare il cavallo non poterono più lavorare, e quelli destinati a virare sulla gomina al mulinello, scorgendo che il vento ed il mare andavano aumentando, temendo di perdere la comunicazione con la terra, dopo aver messo in forza la gomina non vollero più restare a bordo, e verso sera vennero alla spiaggia. Durante la notte, il vento ed il mare infuriarono maggiormente, e noi ci aspettavamo di vedere il bastimento rompersi per le forti battute che cominciava a dare sul fondo, quando, con nostra sorpresa ci sembrò che il bastimento si muovesse a destra della spiaggia. Si alzarono allora dei traguardi, ed accertammo che il bastimento andava poco a poco realmente a destra, e nel corso della notte la sola corrente fu capace a fargli montare di fianco e diagonalmente tutti i cavalli girando sempre il bastimento sull'ancora come a centro, e la catena e gomina come raggio. Nella susseguente mattina il bastimento si manteneva col fianco nella direzione di circa 45° con la spiaggia, a distanza dalla medesima di circa 80 passi, del tutto discagliato, in circa 3^m, 50 di acqua, e mostrando il fianco al mare ed al vento che lo facevano fortemente rol-

lare (harcollare), essendochè il vento era ponente libeccio, ed il mare veniva a frangersi precisamente perpendicolare alla spiaggia. Nè può supporsi che l'onda scorrente alla superficie del mare abbia influito sul discaglio del detto bastimento, perchè anzi questa ed il vento dovevano fare una resistenza contraria al detto discaglio per le circostanze sovraccennate. Solo, io credo, potrà supporsi che la corrente di ritorno delle onde che vengono a frangersi sul lido, si riunisca e prenda la direzione della corrente radente da mezzogiorno in tramontana, regnante lungo il nostro lido in occasione dei venti forti da scirocco fino a ponente, e che queste due correnti insieme costituiscano la corrente potentissima sovradescritta. Il giorno appresso il bastimento in discorso venne condotto a Livorno.

« Quanto precede sembrami acconcio a stabilire incontrastabilmente la potenza e la direzione della corrente del mare lungo le nostre coste, allorchando spirano forti venti da mezzo giorno, libeccio e ponente. Inoltre io osservai in detta circostanza, che i pezzi di legno, rami, radiche di alberi ec. che trasporta al mare il fiume Arno, vengono da quella straccati (trasportati e lasciati) sulla spiaggia a tramontana della foce di detto fiume, mentre che dal lato di mezzogiorno non rinvenni quasi nulla, e soltanto le consuete alghe come si trovano in tutto il lido nelle vicinanze di Livorno ». Ossia, aggiungerò io, vi rinvenne, quasi esclusivamente, quelli materiali che provengono direttamente dal fondo del mare.

In proposito dello scagliamento dello Scuner, mi fo lecito notare che in verità l'onda ed il vento avrebbero prodotto un effetto contrario quante volte però il bastimento fosse stato libero, cioè senza una gomina stesa che ne avesse stabilito la chiamata verso l'alto mare; gomina che venne messa in forza prima che gli uomini abbandonassero il lavoro di ricupero. Nella posizione, nella circostanza e nella condizione in cui si trovava il bastimento, sette furono, a parer mio, le forze che influirono a toglierlo dall'incaglio: 1°. l'azione solcatrice del flutto intorno la chiglia del bastimento: 2°. il moto di alternativo sollevamento del bastimento stesso dal fondo del mare, comunicatogli dall'ondulazione de' flutti: 3°. i flutti-corrente: 4°. la corrente litorale: 5°. il flutto di ritorno (risacca): 6°. la tensione della gomina: 7°. l'acque piene. La direzione di 45° coll'andamento della spiaggia tenuta dal bastimento dopo scagliato, era la direzione della risultante dalle forze, vento, corrente e flutto-corrente.

Il secondo fatto già da me in parte riferito mi è stato comunicato dal citato sig. Parenti ed è « che sulla lingua di roccia che forma la punta Cavalleggieri, in una libeccciata, e non delle più forti, sei de' massi di smalto

di circa sedici metri cubi, fabbricati presso il ciglio della detta punta per difendere da' flutti il nuovo cantiere, sono stati rimossi, ed un muro di recinto presso i bagni del Cocchi è stato rotto. La corrente portò via tutto il materiale depositato nel cantiere; la pozzolana tinse di rosso una vasta superficie di mare, ed una gran parte del legname fu recuperato presso Portammare, traversandolo sopra la spalletta della strada coll' impiego di più centinaia di persone per un intero giorno ».



CONCLUSIONE

Finalmente sull'uno e l'altro moto, cioè ondoso e delle correnti, mi sembra potersi conchiudere così:

Nelle grandi tempeste, mentre regna vento furioso, i marosi avere per moto principale quello di ondulazione, e per secondario quello di trasporto e solamente nella parte superiore; e questo secondo moto essere molto più notevole presso il lido che in alto mare, e comunicarsi soltanto a tutta la massa fluttuante quando lo sviluppo inferiore del maroso trova inciampo, conservandosi però anche quello di propagazione sino a che si frange sul lido;

Nei casi in cui il vento non ha velocità maggiore di sette a otto metri per secondo, può ritenersi aver le onde unicamente moto apparente in alto mare; moto senza dubbio reale presso il lido, più o meno in ragione della profondità dell'acqua, della natura e forma del fondo, e della forza e durata del vento, conservandosi qui pure come dominante quello di ondulazione;

Presso il lido il fenomeno di trasporto di massa rendersi notevole nel punto ove la parte inferiore del flutto preme od urta nel fondo, ed il fenomeno sviluppare in qualunque caso maggior azione in detta parte che in quella superiore, se il mare è relativamente poco profondo e se il flutto non è franto — quando è franto agire in verso opposto —;

L'onda senza vento, la vecchia onda (*houle*), quantunque di vistoso volume, non andar soggetta in alto mare a trasporto di massa, e presso il lido andarvi al certo in grado molto minore (anzi spesso insensibile nella superficie), in confronto di quando contemporaneamente vi regna il vento. Agire però sempre come ogni altr'onda contro un ostacolo qualunque, ed a profondità più o meno grandi secondo il suo maggiore o minore impeto e massa;

La maretta, sia col vento o senza, non aver moto di trasporto apprezzabile nella superficie, se non dove lambisce e si frange alla spiaggia; e nel fondo seguire la legge delle altre onde;

Dalle diverse circostanze che si verificano in pratica, confermarsi il teorema di *LEONARDO* relativo alla costituzione dell'onda, *perchè molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione, e l'acqua non si muove dal sito*;

La potenza delle onde, de' flutti e de' marosi può ritenersi, nel maggior numero de' casi, proporzionale alla forza e durata del vento nella stessa direzione, alla lontananza da cui vengono le burrasche, le tempeste e le procelle, alla profondità dell'acqua, ed alla natura e forma del fondo;

Gli effetti di trasporto di questa potenza dover essere tenuti molto a calcolo dai naviganti in alto mare nei casi di vento violento, e sempre ove lo sviluppo dell'onda trova inciampo;

Non essersi a tutt'oggi introdotte nei trattati di nautica regole fisse per correggere la rotta del bastimento dai suddetti effetti, come sono ivi stabilite quelle per correggere gli effetti delle correnti, dello scaroccio, eccetera;

Risultare dagli esposti fatti il bisogno di fornire ai naviganti questo elemento di correzione;

Le quantità numeriche dell'accennato moto di trasporto prodotto dai marosi in alto mare doversi proporzionare ai diversi gradi di forza del vento, alle diverse velocità, altezze e lunghezze de' marosi, secondo ch' essi siano interi o franti, alle diverse direzioni di essi in rapporto a quelle tenute dal bastimento, ed al diverso immergere di questo: nelle dette quantità di norma, quando l'onda trova inciampo, doversi aver a calcolo paranco le diverse profondità dell'acqua e le diverse forme e nature de' lidi, cioè se spiaggia o costa, e se il fondo è di scoglio, di arena o di fango molle. Ove esiste corrente regnante esser necessario, per l'uno e l'altro caso, tenere a calcolo la forza e la direzione di essa. Una raccolta di *tavole di correzione del trasporto* causato dal vento nei marosi, a similitudine di quella di *riduzione delle rotte*, faciliterebbe al navigante la ricerca del valore di detto trasporto;

Inoltre, rendersi comodo per i marinai, e per una certa classe di essi necessario, lo stabilire nelle carte idrografiche una linea che marchi a qual distanza dal lido verranno i bastimenti trasportati dalle onde in scaroccio straordinario, e rapidamente crescente; giacchè in questi casi d'imminente pericolo manca ad essi il beneficio di esserne avvertiti dalla scia del bastimento. Io chiamerei questa linea *Zona de' flutti-corrente*;

Doversi questa zona estendere dal lido verso l'alto mare in ragione della maggiore o minore profondità dell'acqua, e più o meno, secondo che il litorale sia più o meno aperto ed il fondo più o meno resistente. Nell'Oceano la linea cadrà generalmente sopra gli scandagli di 220 metri di acqua; nel Tirreno sopra quelli di 80^m, e nell'Adriatico di 50. Ma con raccogliere esperienze locali, dedotte dal cambiamento del colore dell'acqua, o dalla reazione di alcuni scogli, o dallo spostamento degli ordigni da pesca calati nel fondo del mare, o da altre osservazioni, potersi avere più giusta norma onde stabilire la posizione della sopraddetta linea;

Potere i flutti zappare il fondo del mare e triturarvi masse di materiali, da produr con esse sole rilevanti protrazioni di lidi;

Il prodotto di tal potenza, relativamente alla massa de' detriti che possa lavorare e spingere in avanti, dipendere dalla natura del fondo, dalla profondità a cui si estende l'agitazione, e questa, principalmente dalla forza e durata de' venti che hanno creato i flutti, e dall'estensione e profondità del mare;

L'effetto minimo, medio e massimo della ripetuta potenza, considerata quale agente per le erosioni ed i trasporti de' materiali, esser molto superiore a quello massimo, medio e minimo di qualunque corrente di marea, litorale o radente, le quali tutte non pertanto non vanno mai trascurate. Perciò, o i materiali provengano dai fiumi, o dal fondo del mare, o dalle rive di esso, all'azione dei flutti doversi principalmente la formazione, distruzione e trasporto delle congerie e de' banchi di ciottoli, di ghiaie, di arene, eccetera;

L'andamento progressivo de' banchi e de' dossi trovarsi proporzionale alla prevalenza di un vento sull'altro, ovvero al vento che produce più ripetuti, ma non più forti frangenti, *qualunque sia la direzione della corrente*;

Quindi l'azione de' flutti doversi *sopra tutto avere alla mente*, come il Brighenti ha consigliato, e come il Paoli con più lunga serie di fatti ha dimostrato, *ove si voglia provvedere alla conservazione de' porti*: e non solo per domare e signoreggiare l'impeto e la violenza delle onde tanto all'esterno quanto all'interno de' porti, ma benanche per allontanare da essi i funesti effetti che vi producono i materiali ostruttivi;

Sorgere da ciò nuova dottrina degl' insabbiamenti, le cui fondamenta già furono gittate dal Castelli, dal Boscovich e dal de Fazio; ma tenute coperte dalla opposta dottrina fin qui prevalente del Montanari;

Essere necessario, che l'ingegnere conosca preventivamente, non solo quanto è relativo alle sponde, ma puranco, in una vasta zona, la profondità del mare, la costituzione del fondo di esso ed il punto fin dove si sviluppa nel senso verticale l'agitazione massima delle onde; perchè sappia fino a qual distanza dal mare al lido saranno sconvolti e trasportati i materiali, che invaderanno e ricolmeranno le opere idrauliche;

Dalla sopra riferita e sperimentata potenza de' marosi dedursi, che in tutto il nostro litorale, volendosi costruire moli a *pietre perdute* (sistema di costruzione in ben pochi casi conveniente), i massi di smalto o quei di scoglio vivo dovranno essere non minori di sedici metri cubi a partire da quattro metri sotto il pelo basso del mare sino all'altezza del ciglio del molo, onde resistere immobili all'urto de' marosi;

Al disotto di quattro metri dal suddetto pelo, il volume de' massi poter esser ridotto a metri dieci fino a sette dal ripetuto livello, e sotto questo limite gradatamente diminuito ancora;

Essendo l'azione de' marosi proporzionale alla superficie percossa, e la resistenza de' massi crescendo come il cubo di essi, nell'Oceano i massi poter essere poco più voluminosi di quelli necessari per resistere all'urto del Mediterraneo;

Infine, se i moli saranno composti con materiali di minor volume de' sopra accennati, o i materiali saranno diversamente distribuiti, verranno tanto nell'Oceano quanto nel nostro mare dai marosi sovvertiti: i massi saranno sollecitamente consumati pel cozzo reciproco, e molti di essi trascinati ad ingombrare le bocche de' porti; quindi continua e grave la spesa per le ricostruzioni, per rinforzare la difesa e per isbarazzare le bocche (1).

Se poi lo sconvolgimento ed il trasporto de' diversi materiali avvenga per mezzo de' flutti del fondo o flutti-corrente sotto-marina, o per moto incidente ed intermittente dovuto alla intera onda, oppure per questi due agenti riuniti, come a me sembra più razionale, io non ardirei certamente determinarlo senza prima averne sentenza da giudici competenti, quali sono i maestri nella meccanica de' fluidi. Chieggo inoltre da' medesimi di essere corretto non solo in ciascuno de' miei modi di vedere intorno ai moti del mare, ma puranche in qualunque parte di essi. Nell'interesse dell'umanità e della scienza, io spero di trovare chi faccia onore alle mie domande.

Villa PASOLINI in Fonte - all' - erta (presso Firenze) nella primavera del 1854.

(1) Quantunque col porre in opera i massi immobili all'impeto de' marosi si possa ottenere gran miglioramento nel sistema a pietre perdute, pure io sono di avviso che questo sistema debba proscriversi. Un più maturo studio sulla costituzione delle onde; sopra i fenomeni da esse sviluppati secondo che siano intere o frante; sopra gli effetti de' medesimi contro le spiagge, le coste e le opere idrauliche: un più pratico esame sopra i bisogni ed i comodi assoluti ed utili ad un bastimento quando entra con fortuna in un porto, mi pare che debbano condurre a preferire altro sistema. Possedendo la discussione idraulico-nautica sostenutasi in Inghilterra dal 1844 al 47 nell'occasione della costruzione di nuovi porti in quel regno e specialmente per quello di Dover, avendo di recente visitato alcuni di quei porti in pieno lavoro, ed avendo raccolto altri documenti dai porti francesi, spagnuoli e più particolarmente dai vasti nostri porti antichi e moderni, io mi trovo assistito da prove che, se sapessi ben adoprare, credo sieno tali da far seriamente pensare anche su quest'oggetto. Esso non è meno importante di quello trattato in questa Memoria, e fra loro si collegano. Quantunque senta la mia pochezza, pure ho in mente di sottoporre al giudizio altrui i risultamenti de' miei studi in proposito, tosto che mi sembrino meglio coordinati; ed intanto dirò essere da essi indotto a credere preferibile sopra ogni altra quella forma e disposizione di opera idraulica che non causa frangimento dell'onda o meno vi si presta.

CATALOGO

Per ordine alfabetico degli autori e delle opere loro, citati in questa Memoria. Appresso ad ogni citazione è riportata, fra parentesi, la pagina della Memoria stessa.

A

- Acton (C.): *Miscellaneæ marittime*. Napoli 1851, V. I. p. 167 e 178 (17); 178 e 180 (42); 550 (59); 542 (70).
- Afan de Rivera (C): *Del bonificazione del lago di Salpi* ecc. Napoli 1845; 363 (15), 264 (90). *Progetto della restaurazione dell'emissario di Claudio* ecc. Napoli 1836 p. 6 (99).
- Aimé: *Exploration scientifique de l'Algérie. Recherches de physique sur la Méditerranée*. Paris 1845, p. 193, 200, 198 e 201 (4), 195 a 197 (61), 185 (61), IV (87). Per le maree pag. 12 (80 a 83), e per la *Réclamation de priorité* si vedano i Comptes rendus de l'Acad. des sc. 1844 tom. 18 pag. 222, e 438 a 440.
- Airy (G. B.): Estratto degli atti inserito nel *Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover bay*. pag. 40 e 41 (8). Questo celebre astronomo ha inoltre pubblicato fin dal 1835 nella *Encyclopaedia metropolitana* tomo V articolo *Tides and waves*, una estesa Memoria sul moto ondoso del mare. In essa, come rilevo in de Caligny (*Journal de mathématiques pures et appliquées*, t. XV, pag. 193) ha dato in inglese un'analisi dell'opera alemanna dei fratelli Weber su le onde. Ad onta delle più accurate ricerche non mi è stato possibile trovare in Toscana, nè in Roma la suddetta enciclopedia, quindi non ho avuto il vantaggio di studiare la intera Memoria di Airy.
- Arago: *Mer de varec* (Annuaire pour l'an 1839. Notice scientifiques) (28). *Rap. fait à l'Acad. des scien. sur les travaux scientifiques exécutés pendant le voyage de la frégate la Venus* ecc, (Ann. maritimes etc. Paris 1840, t. II. p. 776 (36), 751 (39), 771 (86).
- Archiac (D'): *Histoire des progrès de la Géologie de 1834 a 1845*. Paris 1847 tom. I. pag. 147 (5), tom. II, pag. 47 (6). *Note sur les formations dites pélagiques, et sur la profondeur à la quelle ont du se déposer les couches de sédiment*. (Bulletin de la société géologique de France 1843, pag. 520) (66).
- Aristotile: Citato dal Marmocchi, nella geografia e tomo a suo luogo notati p. 366 (28).
- Auniet: *Note sur les ports de l'Etat romain* (Annal. des pont. et chaus. tom. VII, 1834, sem. 1, pag. 151 (69).

B

- Babron (J.-B.-A.): *Précis des pratiques de l'art naval* ecc. Brest 1817, p. 243 (58).
- Boyle: *Dictionnaire des sciences naturelles, par le prof. du Jardin du Roi* tom. 35 artic. Océan (13).

- Bayfield: Citato dal Redfield nell'opera a suo posto notata (26).
- Beaumont (Elia de): *Leçons de géologie pratique*. Paris 1845 tom. I, pag. 222 (56), 224 e 237 (67). *Bulletin de la société géologique de France* 1846, pag. 249 (96).
- Beautemps-Beaupré: *Exposé des travaux relatifs à la reconnaissance hydrographique des côtes occidentales de France*. Paris 1829, pag. 23 (62).
- Bèche (de la): *Récherches sur la partie théorique de la géologie*, Bruxelles 1839, p. 27 e 26 (6), 27 (23), 28 (60), 25 (85), 26 (92). *L'art d'observer en géologie*. Paris 1838, pag. 34 (86). *Manuel géologique*. Bruxelles 1837, pag. 65 (71), 87 (92).
- Belidor: *Architecture hydraulique*. Paris 1753. II. partie liv. 3. ch. 10 art. 822 p. 172 (60).
- Bellinger: *Osservations sur la forme qu'il convient de donner aux ouvrages à la mer*. (Annal. des pont. et chaus. 1849, I. sem. pag. 336) (50).
- Bérard: *Description nautique des côtes de l'Algérie*. (Annal. marit. Paris 1837, p. 255 e 250 (33).
- Bernard: *Cours de construction des ports*. Ecole royale des Ponts et chaussées. Session 1842-43. In litografia (36), p. 6 Plan. I, fig. p. (68), pag. 14 (96).
- Bidone: *Experiences sur le remou et sur la propagation des ondes*. (Memorie della reale accademia delle scienze di Torino, tom. 25, 1820, pag. 111) (2). *Experiences sur la propagation du remou*. (Memorie dell'accademia citata 1825, t. 30, p. 287 e seg.) (2 e 14).
- Bonniceau: *Étude sur la navigation des rivières à marées ecc.* Paris 1845, pag. 40 a 42 e 94 (4).
- Borelli: *Relazione sopra lo stagno di Pisa* (Rac. degli autori italiani ecc. tom. 3, pag. 328) (13 e 14).
- Boscovich: *Del porto di Rimini* (Rac. cit. t. VII, p. 355, 362 e 379) (13 e 54) 381 (72).
- Bouguer: *De la manoeuvre des vaisseaux ecc.* Paris 1757 (2).
- Bourdaloue: citato da Pouillet nell'opera a suo luogo notata t. I, pag. 101 (26), e da F. de Lesseps nella memoria *Percement de l'isthme de Suez ecc.* Paris 1855 pag. 85 a 87 (26).
- Bourguignon-Dupeiré (Le): *Mémoire sur l'ensablement du port de Cette*. (Annal. marit. 1839, t. I, pag. 386 (54), 391 (85).
- Bravais: dal Frapolli nell'opera fra poco citata pag. 640 (62).
- Bremontier: *Recherches sur le mouvement des ondes*. Paris 1809, § 41 (2), § 40 (23), § 102 (50), § 37 (52), § 109 (54), § 56, 54 e 57 (57 e 58), § 31 a 34 (62), § 34 (62), § 29 (63), § 32 (64), § 39 (64), § 34 (65), § 35 (67), § 31 (69).
- Bretonnière (de la): citato dal de Cessart nell'opera sotto notata tom. II, pag. 174 e 254 (54).
- Brighenti: *Sulle comunicazioni per acqua e per terra ecc.* (Esercitazioni dell'accademia agraria di Pesaro genn. 1829, p. 22 (15). Analisi ragionata dell'opera del Tadini,

Di varie cose alla idraulica scienza appartenenti (Biblioteca italiana t. LXV, anno 17, Milano 1832, pag. 74 (15, 101 e 107), 73 (92 e 93).

Broderip (W. J.): citato da de la Bèche, *Recherches* ecc. pag. 183 (66).

C

Caligny (Anatole de): *Expériences ayant pour but de concilier les hypothèses sur le mouvement intérieur des flots dans les courbes ouvertes et dans des courbes fermées*. Comptes rend. ecc. de l'acad. de scien. tom. 16, 1843, pag. 381 (4). *Expériences sur une nouvelle espèce d'ondes liquides à double mouvement oscillatoire et orbitaire* (Journal de mathématiques pures et appliquées ecc. publié par Joseph Liouville tom. XHI, Paris 1848, pag. 92 (4), 91, 93, 100, 96, 103, 108, 109; 92, 100 e 101 (4 e 5), 107 (22), 97 (34 e 35), 100 (45), 109 e 110 (53).

Casoni (G.): *Sopra una contro-corrente marina* ecc. (Inserita nel tomo I, delle Memorie dell'I. R. Istitu. Ven: di scien. ed arti) Estratto, Venezia 1843, p. 12 (85), 9 (101).

Castelli: *Considerazioni intorno alla laguna di Venezia* (Rac. degli aut. italiani che trat. del moto delle acque. Bologna 1826, tom. III, pag. 186) (12 e 92). Copia della lettera al sig. Galileo Galilei ecc. (Racc. tom. III, pag. 162) (27).

Cauchy: *Théorie de la propagation des ondes*. (Recueil de l'acad. des scien. 1827, t. I,) (2).

Coudraye (de la): *Théorie des vents et des ondes*. Paris an. X; § 9 (2), § 5 (50), § 13 e 16 (57), § 5 (63).

Cessart (de): *Description des travaux hydrauliques*. Paris 1808, t. II, p. 330 (54), 193 (60).

Chanzallon: *Annuaire des marées des côtes de France*, pour l'an. 1839 (Annal. marit. Paris 1838, pag. 1292) (44).

Ciscàr (F): *Reflexiones sobre las máquinas y maniobras del uso de á bordo*. Madrid 1791, pag. 321 e 299 (11).

Clarke: Citato dallo Smyth nell'opera a suo luogo notata pag. 281 (27).

Collegno (G.): *Elementi di geologia pratica e teorica*. Torino 1847, pag. 42 e 45 (16 e 86), 42 (99).

Colombo: in Navarrète, *Colleccion de los viages y descubrimientos de los Espanoles*. tom. I, pag. 260. Marmocchi *Raccolta di Viaggi* ecc. Prato 1841, tom. II, p. 39 (27); t. I, p. 146 (29), 147 (63). In Sponsilli opera appresso notata p. 136 (60).

Cocconcelli (A.): *Istituzioni d'idraulica teorico-pratica*. Parma 1832, tom. I, artic. II, pag. 349 e seg. (15).

Conti (C.): *Del moto ondulatorio*. (Giornale Euganeo di scienze ecc. Padova 1847, quaderno H, pag. 179 (16), 180 (21).

Coraucèz (de): *Téorie analytique du mouvement de l'eau dans les vases*. Paris 1830, (3).

D

Dante: *Paradiso* Canto XVI, ver. 83 (44).

Daussy: *Note sur l'existence probable d'un volcan sous-marin* ecc. (Annal. marit. tom. I,

- 1838, pag. 801 al 804 (65); *Marées de la mer d'Irlande*. (Annal. hydrog. tom. I. pag. 183 e 184 (79).
- David: Salmo XCH, 4 (44).
- Deluc: *Lettres physiques et morales* ecc. Haye tomo I, pag. 396 (98).
- Denison (W. T.): *Report on the harbour of refuge to be constructen in Dover bay*. p. 9 (7).
- Dentrecasteaux (de): *Voyage de Dentrecasteaux envoyé à la recherche de la Perouse*. Paris 1808, tom. I, pag. 185 (67).
- Donati (V): *Della storia naturale marina dell'Adriatico*. Venezia 1750 pag. XVI (28).
- Duleau: *Examen de l'ouvrage de M. A. R. Emy*, intitulé; Du mouvement des ondes ecc. (Annal. des pont. et chau. 1832, 2 sem. pag. 16 (55), 18 e 29 (69).
- Dumont-D'Urville: *Voyage au pôle sud et dans l'Océanie*. Paris 1842, tom. II, p. 186 (58).
Voyage pittoresque autour du monde. Paris 1834 tom. I, pag. 47 e 48 (63).
- Duperrey: Rapport fait à l'acad. des scien. le 18 jan. 1847 dell'opera. *Essai sur les courrants de marée et sur les ondes liquides par M. Keller* t. XXIV, p. 55 (36 e 41).
- Du Petit-Thouars (A.): *Voyage autour du monde sur la frégate la Vénus*. Paris 1841, tom. III, pag. 168 (25).

E

- Edwards: citato da de Quatrefages nell'opera a suo luogo notata t. II, p. 18 e seg. (65).
- Emy: *Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes*. Paris 1831, p. 3 (2), 4 (25), 61 (62), 69 (52), 49 (55), 52 (55), 62 (67), 67 (70), 39 (71). *Du mouvement des ondes; en réponse aux artic.* de MM. Duleau et Viria (Annal. des pont. et chau. 1837, 2 sem. pag. 239 (2), 253 (3) e 249 (42).

F

- Fazio (de): *Intorno al miglior sistema di costruzione de'porti*. Napoli 1828, pag. 11 e 18 (14 e 15), 10 e 11 (92).
- Fèvre: *Des mouvements que paraissent imiter le mouvement des ondes*. (Annal. des pon. et chau. Paris tom. XXV 1839, 1 sem. pag. 1 e 26) (3).
- Fitz-Roy (R.): *Instructions nautiques sur les côtes Orientales de l'Amerique du sud* ecc. Traduzione dall'inglese di de Coriolis (Annales hydrographiques, t. V, p. 297 (84).
- Forbes Eduardo: citato da d'Archiac nella prima opera qui registrata t. I, p. 397 (66).
- Fourgues-Duparc: citato da Reibell nell'opera sotto notata pag. 202 (72).
- Fossombroni: *Memorie idraulico-storiche sopra la Val-di-chiana* (Rac. cit. t. XIII, p. 179) (12).
- Franklin: Per l'effetto dell'olio è stato citato dal Marmocchi nella geografia, tomo notato a suo luogo, pag. 367, e per l'effetto del vento in un gran bacino, lo cita Frissard, nel corso di lezioni fra poco registrato pag. 41 (27).
- Frapolli (L.): *Réflexions sur la nature et sur l'application du caractère géologique* (Bulletin de la société géologique de France tom. IV, 1847, pag. 640) (63).

- Frissard: *Cours de construction des ports de mer*. École nationale des ponts et chaus. Sess. 1848-1849. In litografia pag. 40 (36), 41 (59), 41 (60), 40 (68), 82 e 83 (68 e 69), 45 (72). *Navigation fluviale du Havre à Paris*. Havre 1832, p. 29 (79).
- Frisi: *Del modo di regolare i fiumi e i torrenti* (Rac. cit. tom. VI, pag. 265) (13). *Dell'azione dell'olio sull'acqua* (Dalla biblioteca scelta; Milano 1825 vol. 163) pag. 44 e seg. (28), 54 e 55 (57), 55 (64), 48 (77).

G

- Galileo: *Trattato di fortificazioni* ecc. (Memorie e lettere inedite finora e disperse, ordinate ed illustrate con annotazioni del cav. G. B. Venturi. Modena 1818, pag. 66 e 67 (12).
- Gerstner: Ha pubblicato nel 1804, in Praga, un lavoro sulle onde, riprodotto nel 1825 in un'opera dei fratelli Weber. (Si veda in proposito de Caligny nella sua *Nota* inserita nel giornale di Liouville di già citata 1848, pag. 92) (3).
- Goimpy (de): citato da de la Coudraye pag. 123 (57).
- Guéritaut: *Relation du voyage aux Philippines* ecc. (Annal. marit. 1826, t. II, p. 8) (64).
- Guglielmini: *Della natura de' fiumi*. (Rac. cit. tom. I, p. 238, 239 e 230) (13), 267 (27).

H

- Heywood: citato da Fitz-Roy nell'opera già citata pag. 291 e 297 (84).
- Herschel (J. F. W.): *Discorso preliminare sullo studio della filosofia naturale*. Traduzione di Gaetano Demarchi. Torino 1840, pag. 162, § 137 (43 e 44).
- Hopkins (W.): *On the transport of erratic blocks* (Philos. Magaz. 1845, vol. XXVII, p. 36 (6).
- Horsburgh: *Introduction sur les navigations des l'Inde*. (Ann. marit. 1824, t. II, p. 98 (24).
- Humboldt: *Cosmos* etc. Milano 1840, t. I, p. 257 e 258 (27).... (58). *Examen critique de la géographie du nouveau continent* etc. Paris 1837, t. III, p. 71, 78, 79 e 82 (28 e 29).
- Huot: *Nouveau manuel de géographie physique*. Paris 1839, pag. 107 (5). *Géographie Universelle* ecc. par Malte-Brun, revue ecc. par Huot, Paris 1841, t. I, p. 394 (26).

J

- Johnston (A. Keich): *The physical atlas of natural phenomena*. Edimburgh and London 1850, pag. 42 (44).
- Jomard: *Description de l'Égypte, Antiquités d'Antiochopolis*, tom. II, pag. 22 nota 4 (90).
- Jvan (Giorgio): *Esame marittimo teorico e pratico* ecc. Traduzione dello Stratico. Milano 1819, tom. I, pag. 281 a 283 e XXIII (2, 10 a 11).
- Jurien de la Gravière (E.): *Rapport sur la campagne de la corvette la Bayonnaise, dans les mers de la Chine* (Annales hydrographiques, tom. V, pag. 65 (50).

K

- Kant (Emanuelle): *Geografia fisica*: dal tedesco Milano 1807, t. I, p. 195 e 238 (11).

- Keller (F. A. E.): *Recherches sur les récifs madreporiques des îles du Grand-Océan*. (Annales hydrographiques tom. VI, pag. 285 (36), 285 (62)).
- Kerhallet (C. Philippe de): *Considérations générales sur l'Océan indien* ecc. (Annales hydrographiques tom. VI, pag. 241 (26), 236 (31)). *Considérations générales sur l'Océan Atlantique* ecc. (Annales come sopra tom. IV, 1850, p. 270 (86 e 87)). *Description des îles de Bermudas ou de Somer et de l'île de Sable*. (Annales come sopra, tom. VII, pag. 239) (100).

L

- Lagrangia: *Mécanique analytique*. Paris 1788, pag. 487 (2, 14, 44 e 45).
- Lalande (J.): *Abregé de navigation historique, théorique et pratique*. Paris 1793, p. 43 (49).
- Lamblardie: *Mémoire sur les côtes de la haute Normandie* ecc. Haure 1789, pag. 14 (67), 25 (91).
- Laplace: *Suite des recherches sur plusieurs points du système du monde* (Recueil de l'academie des sciences 1776) (2).
- Lartigue: *Instruction nautique sur les côtes de la Guiane française* (Annal. marit. 1828, tom. I, pag. 279 (24), 280 (100)).
- Las Casas: Citato dal Marmocchi nella raccolta di viaggi a suo luogo notata t. I, p. 147 (63).
- Laurent (capitano del genio): *Observations sur les ondes liquides, et remarques relatives aux assimilations que l'on a faites de ces ondes aux ondulations lumineuses* (Comptes rendus ecc. tom. XX, 1845, pag. 1713 (5)).
- Legendre: *Observations faites dans un voyage au centre d'amerique* (Voyage au pôle sud ecc. par d'Urville tom. X, pag. 277) (100).
- Lemoyne: *Extrait de l'ouvrage de M. G. De Fazio, sur le meilleur système de construction des dorts* ecc. (Annal. des pont. et chaus. 1837, 1, sem. p. 224 e 225) (61).
- LEONARDO DA VINCI: *Del moto e misura dell'acqua* (Raccolta di autori italiani che trattano del moto delle acque, edizione quarta. Bologna 1826, tom. X, pag. 320 (2), 318 (12), 333 (19), 315, 327, 332 e 338 (24), 324 (24), 326 e 327 (25), 327 (27 e 28), 333 (55), 322 (59), 351 (64), 319 (64), 341 (65), 296 (67), 286 (88), 310 (98). Per il flusso e riflusso osservato da LEONARDO si veda, *Histoire des sciences mathématiques en Italie* par G. Libri. Paris 1840, tom. III, pag. 53 e 226 (46)).
- Lieussou: *Études sur les ports de l'Algérie* (Annales hydrographiques tom. II, pag. 510 (61), 430, 431, 502 (45 e 100)).
- Linant-Bey: citato da F. de Lesseps nella memoria, *Percement de l'isthme de Suez* ecc. Paris 1855 pag. 85 a 87 (26).
- Lyell: *Principes de géologie* ecc. traduzione della sig. T. Meulien Paris 1845, tom. I, pag. 289 e 350 (6), 290 (68), 247 (70).
- Lombardini (E.): *Intorno al sistema idraulico del Pò*. Milano 1840, pag. 28 e 29 (15). *Della natura dei laghi*. Milano 1846, pag. 12 (27).

- Lopes da Costa Almeida: *Roteiro geral des mares, costas, ecc.* Lisboa 1835, tom. I, pag. 10 e 3 della *Tabela cosmografica das costas* ecc. (49).
- Luca (Ferdinando de): *Considerazioni generali sulla costruzione de' porti.* (Annali civili del regno delle due Sicilie. Napoli 1853, fasc. XCVII, pag. 25 (1), 28 e 29 (17), 31 (71). *Indole della geografia del secolo XIX comparativamente a quella del secolo precedente. Relazione fra la oreografia e la idrografia di una regione* ecc. (Ann. come sopra 1854, pag. 131 (96).

M

- Malezieux: *Notes recueillies en 1846 pendant sa mission en Angleterre* (Annal. des pont. et chaus. 1, sem. 1849, pag. 304 e 305 (72).
- Malte-Brun: *Géographie universelle.* Paris 1841, t. I,.... (24), 477 (68), 473 e 474 (96).
- Manfredi: *Relazione sopra l'alzarsi che fa di continuo la superficie del mare* (Rac. citata tom. V, pag. 404) (13).
- Macarte y Diaz: *Lecciones de navegacion* ecc. Madrid 1801, pag. 339 (30), 411 (86).
- Marchal: *Sur la nature et origine des alluvions à l'embouchure des fleuves qui débouchent dans la manche.* Ann. de pont. et chaus. mars et avril 1854, p. 211 (88), 196 e 212 (91).
- Marescot, Goardin, Gervaise, Dumoulin, Desgraz e Bach citati da d'Urville nel viaggio a suo luogo notato, tom. II, pag. 187, 191, 193, 362 (58).
- Mari: *L'idraulica pratica ragionata.* Guastalla 1786, t. II, p. 106 e 104 (14), 107 e 104 (99).
- Marieni (A): *Portolano del mare adriatico.* Milano 1830, pag. 7 (26), 17 (61), 8 (84).
- Marmocchi: *Corso di Geografia universale.* Firenze 1840, tom. III, pag. 361, 362 (15).
- Marsigli: *Histoire physique de la mer.* (Amsterdam 1725, p. 47 e 48 (12 e 13), 5 (66).
- Maury: *Sulla meteorologia nautica e conferenza marittima tenuta a Bruxelles.* Comunicazione del segret. della R. Accad. delle Scien. di Brus. fatta alla *Corrispondenza scientifica di Roma* num. 1, 5 Gennaro 1854 pag. 2 (21). *Investigations of the winds and currents of the sea.* (Appendix to the Washington astronomical observations for 1846. Washington 1851). (27 e 76). *Explanations and sailing directions to accompany the wind and current charts.* Washington, 1852, pag. 183 (44). *Annual address* ecc. (*Bulletin of the american geographical and statistical society.* New-York 1854, vol. 1, part. III, pag. 16 a 18 (98).
- Meneghini: *Lezioni orali di geografia fisica.* Pisa 1851, p. 211, 212 e 213 (17 e 65), 487 (28).
- Mengotti: *Idraulica fisica e sperimentale.* (Rac. cit. tom. II, pag. 222 e 123) (14).
- Mercadier: *Recherches sur les ensablements des ports de mer* ecc. Montpellier 1788, p. 17 (60 e 61).
- Mikocz: *Il corso di navigazione teorico-pratico.* Venezia 1833, pag. 150 (35 e 36).
- Minard: *Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer, professé à l'école des ponts et chaussées.* Paris 1846, pag. 18 (26), 15 e 30 (36), 15 (62), 97 e 98 (68 e 69), 114 (69), 19 (72), 20 (73), 65 (77), 67 (93).

Monnier (P): *Supplément aux considérations sur la loi à la quelle sont assujettis les courants dans la Manche* ecc. (Ann. marit. Paris 1839, tom. I, p. 143 e 144 (29 e 30). *Considérations générales sur la loi* ecc. come sopra (Ann. marit. Paris 1835 tom. II, pag. 623 (44). *Considérations sur la formation des attérissements dans les ports, rades* ecc. Annali citati. Parigi 1837, pag. 1303 e 1304 (42), 1304 (63), 1305 (78 e 79), 1305 (88) 1300 (91). *Mémoire sur la barre de Bayonne*. (Ann. citato 1837, p. 805 e 806 (62), 803 (88) 805 (92). *Note sur la baie de Sain-Jean-de-Luz*. Ann. e anno citato pag. 821 (70).

Montanari: *Il mare Adriatico e sua corrente esaminata* ecc. (Rac. cit. tom. IV, pag. 488 (12), 489 (60), 469 (77).

Murchison, de Verneuil e de Keyserling: *The Geology of Russia in Europe*, ecc. vol. 1, capitoli XX e XXI, 1845 (6).

N

Newton: *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Prop. XLII, prob. X (2, 5 e 6).

O

Orbigny (A. d'): *Cours élémentaire de Paléontologie et de géologie stratigraphiques*. Paris 1849, tom. I, pag. 75 § 76 (67), pag. 76 § 77 (88) pag. 72 e 73 § 75 (91), § 91 pag. 83 (93), pag. 94 § 111 (98 e 99).

P

Pagel (L.): *La latitude par les hauteurs hors du méridien* ecc. (Ann. mar. 1847, p. 1171 (75).

Paoli (D.): *Della corrente litorale*. (Esercit. agrarie dell'Accad. di Pesaro anno XI sem.) Estratto, Pesaro 1849, pag. 8, 12, 16, 21 e 22 (16), 10 (23), 38 e 39 (34). *Fatti per servire alla storia de' mutamenti avvenuti sulla costa d'Italia da Ravenna ad Ancona*. Firenze 1842, pag. 43 e 44 (96).

Pilla (L.): *Trattato di Geologia*. Pisa 1847, parte I, p. 138 (16), 123 (67), 122 (67 e 68).

Playfair: Nel Pilla opera citata pag. 123 (71).

Plana: *Notes sur la théorie des ondes donnée par M. Poisson* (Memorie dell' accad. di Torino già citata, 1820 tom. 25, pag. 113) (2).

Plinio: citato dal Marmocchi nella citata geografia, pag. 366 (28).

Plutarco: idem (28).

Poirel: *Mémoire sur les travaux à la mer*. Paris 1841, pag. 25 e 5 (69).

Poisson: *Mémoire sur la théorie des ondes* (Nouveau recueil de l'accad. des scien. Paris 1818, tom. I, pag. 72) (2).

Poleni: *Del moto misto dell'acqua* (Rac. cit. tom. VI, pag. 65 e 66) (13).

Poncelet: *Notice sur quelques phénomènes produits à la surface libre des fluides* (Annales de Chim. et de physique. Gennaro 1831, pag. 14 e 15) (24).

Ponzi (G.): *Sul modo di esistere dei depositi di sabbia lungo le spiagge mediterranee*. (Corrispondenza scientifica in Roma n. 14, 31 agosto 1855, p. 113 e 114 (52 e 53) — (89).

Poterat (de): *Théorie du navire*. Paris 1826, tom. I, pag. 315 (11).

Pouillet: *Eléments de physique expérimentale et de météorologie*. Paris 1853; sesta edizione, tom. II, pag. 671 (28).

Prony (de): *Examen relatif aux projets du barrage de la Seine dans le voisinage du Havre*. Paris 1831, pag. 30 (79). *Description hydrographiques et historique des marais Pontins*. Paris 1822, pag. 73 § 81 (97).

Q

Quatrefages (de): *Souvenirs d'un naturaliste*. Paris 1854, tom. II, pag. 177 e 476 (55); tom. I, pag. 96 e 97 (70).

R

Redfield (W. C.): *Sur les glaces de l'Océan atlantique septentrional* (Annales maritimes Paris 1845, pag. 511) (26). Tradotto dal *Nautical Magazine*, giugno e luglio 1845.

Ritis (V. de): *Il porto di Catania* (Annali civili del regno di Napoli 1853, fasc. XCIII, p. 53 e 54 (17), 52 (49)). *Il porto di Nisita*. Ann. cit. fasc. XXXV, 1838 p. 23 (72).

Reibell: *Programme ou résumé des leçon d'un cours de construction ecc.* di Sganzin. Paris 1840, tom. II, pag. 201 (28), 205 (67), 181 (74), 204 e 202 (91).

Rennel: *Investigations of currents* (27).

Rennie (G.): Estratto degli atti inserito nel *Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover bay*. London 1846, pag. 37 (6), 37 (7 e 8), 37 (8).

Riche: Nell'opera citata di de Dentrecaesteaux, pag. 185 (67).

Robert (E.): *Action remarquable des vents de ONO sur les galets et la direction de l'embouchure des rivières dans la Haute Normandie*. (Bulletin de la société géologique de France. 1843 a 1844 pag. 57 e 58 (93).

Robertson (A. J.): *On the theory of waves*. Inserita *Abstracts of the papers communicated to the royal society of London*. Dal 1850 al 54 inclusive. London 1854, Vol. VI, pag. 231 a 233 (9 e 10).

Rodriguez: *Guida generale della navigazione per le coste settentrionali ed orientali dell'America ecc. nella quale si tratta de'fenomeni più notevoli dell'Oceano atlantico, de' venti, delle correnti, degli uragani, del mare di sargasso, dello scoloramento delle acque, del miraglio, delle nubi magellaniche, della temperatura, della profondità del mare ecc.* Napoli 1854, pag. 83 e 84 (24 e 25), 143 e 144 (25), 208 (31), 506 (65), 87 (70), 347 (75), 289 a 436 (76).

Roquette (de la): *Routes par bateaux à vapeur dans l'Océan indien ecc.* (Bulletin de la société de Géographie. 1852, pag. 48 (62).

Ross (J.): *Relazione del secondo viaggio fatto alla ricerca di un passaggio al nord-ouest*. Parigi 1835, pag. 190 (51).

Rossel (de): *Courant* (Annales maritimes et coloniales. Anno 1826, t. I, p. 594 (23), 597 (86).

Rossi (V.): *Di una efficacissima pratica per stabilire la sussistenza dello sbocco dei fiumi in mare*. pag. 8 e seg. (16).

- Roussin: *Le pilote du Brésil* ecc. Paris 1827, pag. 31 (26), 53 (49 e 50).
- Russel John: *Recherches expérimentales sur les lois de certains phénomènes hydrodynamique* ecc. Traduzione di Emmery e Mary (Ann. de pon. et chaus. 1 sem. 1837, pag. 164 (4), 166 (45).
- Russel Scott: Rep. 7th. Mect. brit. assoc. at Liverpool, 1838, *Report on Waves*, con gran numero di tavole (Rep. 14th Mect. brit. assoc. at York, 1844. Londra 1845, pag. 311) (6, 7 e 54). Di questi lavori dello Scott Russell, non avendo potuto avere l'originale, mi sono servito del breve estratto che ne ha pubblicato d'Archiac nella di lui opera a suo luogo notata: così pure ho usato di quanto ne riporta la Somerville nell'opera al suo posto qui registrata: pag. 236 (6 e 7).

S

- Savary: *Rapport* fatto all'Accademie royale des sciences séance du 4 mai 1835, della Memoria di M. Monnier sur les courants périodiques qui, dans la Manche et les mers voisines, se rattachent au mouvement des marées. pag. (46).
- Saverien: *L'art de mesurer sur mer le sillage du vaisseau*. Paris 1750, pag. XX (37).
- Scamozzi: *Dell'idea della architettura universale*. Venezia 1687, pag. 126 (69).
- Secchi (A.): Traduzione compendiata della citata opera di Maury, inserita negli Annali di scienze matematiche e fisiche compilati dal Prof. Tortolini. Roma 1853, tom. IV, pag. 256 (27, 75 e 76); nella *Corrispondenza scientifica in Roma* 1852, pag. 257; ed in francese riprodotta nella *Bibliothèque universelle de Genève; Archives* t. 24, 1853, pag. 105 e sequenti.
- Sereni: *Idrometria*. Roma 1853, pag. 258 (85).
- Siau: *De l'action des vagues à de grandes profondeurs* (Annal. de phys. et de chim. 2 sem. vol. II, 1841 p. 118 e 120 (62). (Accad. de scien. 26 avril 1845. L'institut. 8 mai 1841).
- Smeaton: In Emy prim'opera citata pag. 61, in Minard opera cit. pag. 9 (27).
- Smyt Hamilton: Citato da de la Bèche nel suo Manuale pag. 65 (70).
- Smyt, (W. H.): *The Mediterranean a memoir physical, historical and nautical*. London 1854, pag. 242 (59), 110 (61), 151 (77).
- Somerville (Mary): *Physical geography*. Londra 1849 vol. I, pag. 330 e 331 (30 e 67).
- Spallanzani (L.): *Viaggi alle due Sicilie*. Pavia 1792 tom. II, pag. 42, 43 e 44 (61), tom. IV, pag. 116 e 117 (68). Lo stesso, edizione in francese. Berne 1795 t. II, pag. 34, 35, tom. IV, pag. 99.
- Sponzilli (F.): *Disamina di otto Memorie recate come soluzione del Problema proposto dalla Reale Accad. di Belle Arti di Napoli, per la ricerca di un novello Gran Porto sulle coste delle Due Sicilie*. Inserita negli Ann. delle opere pub. e dell'architettura, compilati a cura degl'ing. Giov. Rossi, N. de Rosa, e L. Carrieri. Napoli anno 4, 1854 p. 136, 137, 136, 138 e 133 (17 e 18), 136 (60) 148 e 149 (71 e 72).

- Stafford-Bettesworth Haines: *Description des côtes méridionales d'Arabie* ecc. Traduzione di de la Vaissière. (Annales hydrographiques, tom. I, pag. 357) (26).
- Stevenson (Alan): *Questions transmitted by Lieut-general sir Noward Douglas, With answers to the same. Unite al Report on the harbour* ecc. citato pag. 129 (8), 111 (8 e 9), 127 (9, 38, 46 e 47).
- Stevenson (T.): *Account of experiments upon the force of the waves of the Atlantic and German Oceans*. Inserito nell'Appendix to minutes ecc. di sopra citata, pag. 105 106 e 107 (72).
- Stile (I.): *Relazione del lago Fucino e dell'emissario di Claudio*. (Annali civili del r. delle due Sicilie fasc. CI, 1854, pag. 64 e 59 (99).
- Stratico (S): Traduzione dell'*Esame marittimo* ecc. di Juan, 1819 tom. II, pag. 504 (11). *Annotazioni alla traduzione della teoria compita della costruzione e del maneggio dei bastimenti* di L. Eulero. Padova 1776, pag. 426 (14).

T

- Tadini: *Di varie cose all'idraulica scienza appartenenti*. Bergamo 1830, pag. 185 (12), 238 e seg. (15), 89 e seg. (43), 252 (67), 240 (79), 259 (85), 185 (98).
- Targioni: *Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana*. Firenze 1768, tom. V, pag. 296 (66).
- Temanza: riportato da Toaldo (27).
- Tessan (U. de): Parte *Physique* del *Voyage autour du monde sur la frégate la Vénus* comandata dal capitano di vascello A. Du Petit-Thouars. Paris tom. V, della parte fisica e X del viaggio; pag. 265 (27), 390 (29); tom. I, della parte fisica (VI del viaggio); pag. 103 e 461 (31); tom. V (fisica) pag. 119, 144 e 145 (32), 136 (37); tom. I, pag. 101, 102 e 103 (32), p. XVII (37); tom. V p. 380 (37), 102, 104, 219 e 128 (59), 138 (66). Citato nell'opera di Bérard di già notata, pag. 255 (33).
- Thibault (L. A.): *Recherches expérimentales sur la résistance de l'air, et particulièrement sur la impulsion du vent*. Brest 1826, pag. X e XI (22).
- Thevernard (A.): *Mémoires relatifs à la marine*. Paris an. VIII, tom. I, pag. 6 (33).
- Toaldo: *Della vera influenza degli astri*. Padova 1770, pag. 37 e 81 (27).
- Turazza: *Trattato d'idrometria*. Padova 1845, pag. 222 e 224 (85).

V W

- Van-Beck: *Mémoire concernant la propriété des lo calmer les flots* ecc. (Annal. de chim. et de phys. Paris 1842, tom. IV, pag. 257) (28).
- Venturoli: *Dell'antico e del presente stato del porto d'Anzio*. (Mem. della Soc. Ital. Fisica. tom. XXIII, 1844), pag. 329 e 330 § 23 e 24 (15 e 78), pag. 326 § 16, 17 e 18 (96 e 97). *Parere sulla riabilitazione del porto di Fano* (Esercit. Agrarie dell'Accad. di Pesaro, anno XI, sem. I, § 30 e 31 (15 e 78).

- Vetch (J.): *Minutes of evidence taken before Commissioners upon the subject of harbours of refuge*. Report citato 1845 pag. 33 (41 e 42). *Report on the harbour of refuge* citato, pag. 53 (70).
- Vidal: *Description des îles de Madère*. Tradotta dall'inglese da de Coriolis (Annales hydrographiques tom. II, pag. 314 (100).
- Vincendon Dumoulin: Parte *Physique* del *Voyage au pôle sud* ecc. sous le commandement de M. J. Dumont d'Urville. Paris 1844 tomo I, della fisica pag. 4 (30 e 31).
- Vionnois: Citato da Reibell nell'opera notata tom. II, pag. 175 (33 e 59).
- Virla: *Notes sur le mouvement des ondes et sur les travaux hydrauliques maritimes* (Ann. de p. et chau. 1835, sem. 2, pag. 221 e 217 (3), 243, 249 e 250 (3), 222 (23), 243 (52), 231 (55), 252 (60), 268 (72). *Du mouvement des ondes* ecc. (Ann. cit. 1838, sem. 1, pag. 85 (3), 79 (42), 83 (52).
- Viviani: *Relazione intorno a riparare per quanto possibile sia, la città e campagna di Pisa dalla innondazione* ecc. (Rac. cit. tom. III, pag. 445 446) (12).
- Walsh (J.C.): *Recherches* ecc. *Courants sous-marins* ecc. (Ann. hydrographiques tom. IV, pag. 336 (84).
- Washinton (J.): *Sur la force des vagues* (Annales maritimes ecc. Paris 1846, pag. 636 (7 e 72). *Report of the commissioners upon the subject of harbours of refuge*. London 1845, pag. 200 (7 e 91).
- Weber: *Wellenlehre auf experimete gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall und Lichtwellen*. Leipzig, bey Gerhard Fleischer, 1835. Citato da Emy 1837 p. (3). Avrei molto desiderato conoscere i particolari di questo lavoro de fratelli Weber, ma la completa ignoranza della lingua non me lo ha permesso. Non è a mia notizia che sia stato per intero tradotta questa opera loro.
- Whewell: Quart. Journ. geol. soc. of London num. 11, pag. 227, gennaio 1847, (6 e 7). Per le maree; *Essay towards a first approximation to a map of cotidal lines* (Philosoph. Transactions, London 1833, parte prima pag. 147) (44).
- White: Citato da Monnier nell'opera *Considérations* ecc. 1835 già notata pag. 361 (46).

Z

- Zanotti: *Lettera intorno alle paludi pontine*. (Rac. cit. tom. VII, pag. 38) (14).
- Zendrini: *Relazione per la diversione de' fiumi Ronco e Montone* ecc. (Rac. cit. t. VIII, pag. 403) (13). *Relazione che concerne il miglioramento dell'aria e la riforma del porto di Viareggio* (Rac. citata tom. X, pag. 33 (13). *Delle acque correnti* (Rac. cit. tom. VIII, pag. 155) (27).
- Zuliani: *Dissertazione sopra il quesito: quali vantaggi o danni, e in quale stato d'acqua produca nel sistema generale di un fiume la molteplicità de' suoi sbocchi in mare*. (Rac. cit. tom. XII, pag. 76, 65) (14).

I. R. ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI.

RAPPORTO (*).

Intorno alla Memoria del signor commendator Cialdi che ha per titolo :
Cenni sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso.

(Commissari, signori ingegner Casoni, professor Minich
e professor Turazza relatore).

Il chiarissimo commendator Cialdi, esperto marino, e noto scrittore di idrografia, presentò nell'anno or ora decorso a questo I. R. Istituto una sua Memoria manoscritta, intorno al moto ondoso del mare ed alla sua influenza, specialmente allo scopo di stabilire le regole che devonsi seguire per la più sicura costruzione dei porti. Commesso ai sottoscritti il carico di riferire intorno a questa memoria, essi non possono a meno di non riconoscere la grande importanza del soggetto propostosi dall'autore, e di lodare l'erudito e diligente metodo seguito dal medesimo nel tentare una soluzione di questo arduo problema, intorno a cui si adoperarono con maggiore o minore successo i più chiari nomi non solo che maggiormente illustrano le idrauliche cose, ma quelli eziandio che o per pratica di mare, o per lungo esercizio di costruzioni marittime, ebbero più che altri occasione di mettere ogni loro studio nell'esame di questo complesso ed importante problema.

L'autore comincia con una esposizione delle varie opinioni portate dalla maggior parte di quegli scrittori che o direttamente o indirettamente ebbero a considerare un tale fenomeno; nella quale esposizione è veramente mira-

(*) Ho creduto di porre in fine alla scrittura mia i Rapporti della eccelsa Commissione dell'I. R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, perchè non reputo superfluo il pubblicare gli schiarimenti che io aggiunsi al mio lavoro dopo aver ricevuto il primo de' suddetti Rapporti dal menzionato illustre Istituto. Si desumerà da quelli ciò che è occorso fra me e quel dottissimo Con-sesso; apparirà sempre meglio il mio convincimento sulla materia in questione, e si avranno nuovi fatti in appoggio alle mie proposizioni. Lo scopo del mio lavoro è stato lo studio dell'argomento e non la compilazione di un trattato propriamente detto; e questo stesso scopo mi ha indotto pure a dettare l'Appendice che vedesi in ultimo.

bile la sua vasta erudizione, e solo forse si potrebbe desiderare, che lasciate alcune di quelle opinioni come meno concludenti, si fosse maggiormente soffermato ad analizzare le ipotesi, o teorie che dire si vogliano, di quegli autori che trattarono exprofesso di una tale questione: parendo ai sottoscritti esser egli passato talora troppo leggermente sopra alle stesse; in modo di non schivare alcuna fiata una qualche incertezza circa ad alcuni fenomeni essenzialmente separati: locchè però è qui detto più in riguardo de' leggitori che dell'autore, al quale si scorge ben essere tutte quelle questioni e quelle teorie assai famigliari.

Nè una tale analisi è qui posta dall'autore per puro lusso di erudizione, ma serve a mostrare quanto varie e discordanti ancora sieno le opinioni sostenute in proposito anche dai più celebri maestri di idraulica, e quindi quanto sia necessario di prendere di nuovo in accurato esame il problema medesimo, per cercare, mediante la discussione dei fatti i più avverati, di porre le basi ad una soluzione, la quale riesca applicabile alle varie questioni che possono sorgere in proposito. Ed è appunto ciò che con ardire veramente commendevole si propone di fare l'autore, nei due articoli ne' quali è partita questa sua Memoria, e che hanno per iscopo di analizzare nel primo le circostanze, i fenomeni, le leggi dell'onda, e de' suoi effetti così in alto mare, come in prossimità del lido: di paragonare nel secondo gli effetti che possono produrre le correnti a quelli generati dai flutti, per dedurre a quale delle due cause devesi principalmente riferire la distruzione delle opere marittime e l'interrimento de' porti.

Nel primo articolo, dopo una diffusa enumerazione di svariatissimi fatti così riferiti dai varii autori, come ancora presentatisi allo stesso scrittore nelle sue molte e lunghe navigazioni, reputa di poter porre fuor d'ogni dubbio il fatto seguente, che crediamo qui opportuno di riportare colle medesime parole dell'autore; cioè:

« Nelle grandi tempeste, mentre regna vento furioso, i marosi avere » moto di vibrazione in tutta la massa fluttuante e di trasporto nella parte » superiore; e questo secondo moto essere molto più sensibile presso il lido » che in alto mare, e conferirsi a tutta la massa quando lo sviluppo in » feriore del maroso trova inciampo, conservandosi però anche quello di » vibrazione sino a che si frange sul lido.

» Avere i flutti nei casi di vento ordinario moto apparente, quasi per » intero, in alto mare; ad evidenza reale presso il lido, più o meno in ra-

» gione della profondità dell'acqua, della natura e forma del fondo, e della
» forza e durata del vento ».

Noi non entreremo qui in una minuta discussione dei varii fatti che condussero l'autore nella sentenza ora esposta ; ma trattandosi di un teorema idraulico della massima importanza, non possiamo passare sotto silenzio alcuni dubbi che sorsero in noi intorno alle interpretazioni ed alle deduzioni che l'autore trova di dover inferire dai medesimi. Conveniamo di buon grado coll'autore nell'accordare un piccolo moto reale di trasporto alla parte superiore dell'acqua allorchè soffi il vento assai gagliardo e duri per molto tempo nella medesima direzione ; imperocchè questo fatto è nettamente dimostrato dalle correnti che durante l'azione del vento, e al cessar della stessa, si riscontrano alla superficie dell'acqua ; dal fatto osservato nei nostri laghi del cosiddetto dislivello dopo forte e prolungato vento; non che da molti altri fatti recati in campo dall'autore; ma però, a voler dare a questo fatto il suo giusto valore, ci parrebbe necessario primieramente di escludere quelli, nei quali il corpo galleggiante essendo in presa col vento non si può con sicurezza dedurre dal moto di questo, quello della massa liquida ; bisognerebbe escludere il caso del mar Rosso, avendo le attuali livellazioni mostrato essere il livello medio del mar Rosso e del Mediterraneo pressochè eguale, ed anche perchè se questo non fosse si dovrebbe ciò ripetere da una causa essenzialmente differente. Così pure nasce assai spesso il dubbio che, avendo in altro luogo mostrato l'autore che l'influenza del fondo si può far sentire anche , come egli assicura , per profondità di oltre 200^m, se quel moto di trasporto fu veramente avvertito , non si dovesse ascrivere piuttosto fra i fatti che si riportano alla influenza del fondo ed alla vicinanza al lido.

E tale moto di trasporto che, nel caso di vento gagliardo, crede l'autore esistere sempre anche al largo e a grandi profondità del fondo, vuole poi che sia indubitato in vicinanza del lido, dove cioè il fondo può reagire sopra la massa oscillante. Molti fatti reca egli per dimostrare un tale moto di trasporto in prossimità del lido: per es: l'impossibilità di allontanarsi da terra, anche bordeggiando, in alcuni paraggi, come asserisce avere sperimentato egli stesso : l'osservazione dei marinai che in alcune coste , per es: del Mediterraneo e della Sicilia nel caso di forte maroso, si è quasi tirati verso il lido ; alcuni celebri naufràgi, ad es: nel golfo di Catania, quello di un convoglio inglese sopra la spiaggia di Portogallo presso Mondégo ecc: finalmente , a tacer d'altri, l'essere portati alla spiaggia gli arredi di pesca

gettati molto lungi dal lido; se non che, lasciando pure da parte che alcuni autori darebbero di questi fatti una spiegazione indipendentemente dal moto di trasporto della massa liquida, resterebbe ancora a chiedersi come avendo tutta l'acqua moto continuo di trasporto verso il lido, non inondi e il lido e i terreni; e poi, qui pure bisognerebbe trovare l'enorme forza che sarebbe mestieri a mantenere una differenza di livello alcun poco notabile.

I sottoscritti pongono questi dubbj unicamente perchè dal chiarissimo autore possa venir maggiormente dilucidata la questione; nè vogliono con ciò contraddire alle sue conclusioni, ma accennare soltanto ad un desiderio, che l'importantissimo problema venga discusso con ogni rigore, e prendendo in accurato esame gli elementi tutti che possono avervi una qualche influenza: ben persuasi che l'autore, il quale ha mostrato di volere e di saper fare, potrà anche ben facilmente togliere i detti dubbj, che però non possono a meno di non presentarsi spontanei nella lettura di questo suo dotto lavoro.

Dopo ciò si propone di rintracciare fino a quale profondità si comunichi l'azione dell'onde, ed esposte le varie opinioni in proposito, si fa ad esaminare alcuni fatti i quali comproverebbero estendersi la detta azione moltissimo più in là di quanto comunemente si opina. I principali di questi fatti, limitandoci noi alle profondità massime, sarebbero l'asserzione di La Coudraye essere sensibile ai bastimenti la reazione dell'onda sul banco di Terranuova profondo da 100 a 160 metri; le osservazioni di Siau all'isola di Borbone, ove l'azione dell'onde nella baia s. Paolo a 188 metri di profondità è tale da formare delle zone ondulate sopra un fondo di sabbia e ghiaie di basalto; l'asserzione in fine di P. Monnier, che al capo di Buona-speranza i bastimenti sono esposti a dei colpi di mare passando a 200 metri sopra il banco delle Agullas. Dai quali fatti è condotto l'autore a conchiudere, che l'azione delle onde stesse debba estendersi fino ad oltre 200 metri di profondità.

Finalmente termina questo primo articolo mostrando quanto sia grande la potenza dei flutti sia per sommuovere i fondi, sia per trasportare e distruggere grandi massi sotto marini, riportando i fatti più rimarchevoli che le osservazioni hanno accertati fin qui.

Nel secondo articolo, dopo osservato che nulla avrebbe egli da aggiungere ai grandi lavori idrografici del Maury, dello Smyth e di altri intorno alle correnti marine per quella parte che spetta alla navigazione, si fa a considerare unicamente l'effetto delle dette correnti, in quanto possono le stesse

contribuire a produrre gl' interrimenti dei porti e gli aumenti o le diminuzioni dei lidi.

La maggior parte degli idraulici nostri ed anche stranieri tiene l' opinione del Montanari, che cioè i flutti smuovano i fondi e portino e tengano le materie smosse mescolate coll'acqua in istato di ondulazione, e che dalle correnti vengano assieme coll'acqua trascinate oltre nel loro corso, e depositate là dove speciali cause diminuiscano l'intensità della fluttuazione e della corrente, e con essa le possibilità di tenere in sospenso le dette materie; cosicchè nella detta teoria la causa degl'interrimenti e degli aumenti o diminuzioni dei liti si ripete dalla corrente non solo, ma ancora dai flutti, essendo questi la cagione del sommovimento dei fondi, quelle la causa dei trasporti.

L'autore ripete principalmente il fenomeno dai flutti, e poco o nessun peso sembra dare alle correnti, fondandosi sulla poca o nessuna forza delle correnti a smuovere i fondi, ed a tenere in sospenso le materie pesanti; osservando in specialità che le dette correnti diminuiscono di velocità verso il lito, e dalla superficie verso il fondo, laddove l'azione dei flutti segue legge diametralmente opposta. A questa ragione aggiunge l'altra; che il fondo delle spiagge sottili di lieve pendio è sempre ondulato in direzione perpendicolare al vento dominante; che i materiali, le arene, le sabbie ecc. lungo il litorale nostro, così dell'Adriatico come del Mediterraneo, sono sempre addossati ai guardiani dei porti ed agli ostacoli materiali che s'incontrano dalla parte ove si sviluppano i venti dominanti; e finalmente dall'osservare che nell'Adriatico il porto di Ancona aperto alla corrente litorale, ma difeso dai venti che più dominano in quel mare, si è mantenuto anche attraverso i secoli di barbarie; laddove nel Mediterraneo quello d'Anzio, aperto ai venti che più dominano in quei paraggi, ebbe breve durata e fu ben presto ricolmo d'arena. Noi siamo ben lungi dal non voler accordare, insieme coll'autore, anche una influenza all'azione dei flutti nel trasportare i materiali del fondo verso del lido; ma ci pare che in fine anche i fautori della spiegazione data dal Montanari non escludano l'azione de' flutti, e che non pretendano di attribuire alla sola corrente tutto il fenomeno; chè anzi danno ai flutti la facoltà di smuovere, riservando alla corrente quella di trasportare; allora una tale ipotesi sfugge certo a molti dei dubbi levati contro alla stessa dal chiarissimo autore. Aggiungeremo a questo, che il celebre Venturoli nella sua Memoria sul porto d'Anzio rende di quell'interrimento una plausibile spie-

gazione, fondandosi appunto sulla corrente litorale, combinata coll'azione dei flutti ; e in base a ciò propone i rimedi ch' egli riterrebbe essere quelli di maggior efficacia. Ad ogni modo le prove e i fatti raccolti qui dall'autore ci sembrano meritare attenzione, e non escludere interamente l'idea di un reale moto di trasporto dei materiali del fondo, dovuto soltanto ai flutti; il quale fenomeno sembra pur constatato dalle osservazioni fatte da altri sperimentatori in varii porti de' nostri mari.

Esposto così sommariamente lo scopo e le conseguenze della memoria, della quale fu a noi commesso l'esame, se ancora non ci sia sembrato che il problema propostosi nella stessa sia definitivamente risolto; pure non resta per ciò che non debbasi dare molta lode all'autore pei svariati fatti ivi raccolti, per la grande sua erudizione in proposito, e specialmente per aver recati in mezzo i risultamenti di lunga, accurata, e studiosa pratica di una vita di mare, così operosamente impiegata anche a profitto della scienza. Egli è perciò che crediamo di proporre che l' I. R. Istituto voglia votare all'autore i suoi ringraziamenti per la fatta comunicazione, e gli elogi dovuti ad un lavoro che potrà venire consultato con vantaggio da ognuno, il quale voglia porre l'opera e lo studio in questo complesso fenomeno d'idraulica pratica.

Venezia 27 gennaio 1856.

Adunanza del 28 gennaio 1856.

L'I. R. Istituto ha approvato la proposta della Commissione.

Il M. E. e Segretario dell'I. R. Istituto
D. GIACINTO NAMIAS

Letto colla debita ponderazione il rapporto presentato all'I. R. Istituto Veneto dalla Commissione eletta a prendere ad esame i *Cenni sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso*, io, corrispondendo anche al desiderio dalla sullodata Commissione formalmente esternato, ho l'onore di sottoporre alcuni schiarimenti in analogia ai dubbj insorti nell'animo di essa e partitamente esposti nel surriferito suo rapporto del 27 gennaio 1856.

Prima però di entrare nell'argomento in discorso reputo pure mio preciso dovere di professarmi profondamente grato alla dottissima Commissione, non solo pel fastidio cagionatole dall'esame di quei Cenni, ma puranche pei benevoli sentimenti espressi verso di me che sento purtroppo le mie deboli fatiche immeritevoli degli elogi graziosamente impartitimi.

1.° Il quadro delle diverse teorie o ipotesi sul moto ondoso e sugli effetti da esso prodotti, è stata per me la parte più difficile e la più faticosa della mia scrittura. Pur troppo vi è incertezza circa ad alcuni fenomeni *essenzialmente separati* ! Ma gli han separati e resi chiari gli autori da me compendiatì ? Se essi non l'han fatto io non doveva farlo, nè farlo notare, perchè ho promesso in detto quadro di non emettere in esso *la mia opinione* (pag. 1), ma di esporre bensì semplicemente le opinioni altrui. Convegno che sopra alcuni autori, quelli cioè che han trattato exprofesso una tale questione, poteva io maggiormente soffermarmi; ma siccome nel corso del mio lavoro sono tornato a parlar lungamente di loro con adottare o confutare le loro dottrine, mi è sembrato che una più estesa analisi delle opere loro nel quadro avrebbe dato luogo a ripetizioni.

2.° La chiarissima Commissione concede *di buon grado un piccolo moto reale di trasporto alla parte superiore dell' acqua allorchè soffi il vento assai gagliardo*. Ma stando ai fatti, io debbo avvertire che ciò non basta. Noi dobbiamo dare spiegazione a *trasporti stravaganti che sorprendono, inquietano, e tal volta compromettono la navigazione* (pag. 30): a trasporti cioè *non di rado superiori a tre miglia l' ora* (idem), come, purtroppo ! spesso si verificano.

Quindi pare a me , che siffatti trasporti non possano essere qualificati per *piccoli moti*.

La Commissione conviene in alcuni de' fenomeni prodotti dal vento, e dai quali può desumersi quel trasporto : altri però ne esclude.

Essa esclude:

Primieramente *quelli nei quali il corpo galleggiante essendo in presa col vento non si può con sicurezza dedurre dal moto di questo quello della massa liquida*. Il bastimento è sempre esposto all'impulsione del vento ed agli urti delle onde; ma l'effetto di quella impulsione e di quell'urto sul corpo de' bastimenti è cosa che entra nei calcoli consueti de' marini; se ciò non fosse, la navigazione sarebbe molto più imperfetta di quello che è. Dalla scia che lascia dietro di sè un bastimento si deduce *con molta facilità e sufficiente esattezza* quest'effetto (pag. 35, 36 e 40). Dunque, ammesso che il capitano sappia l'arte sua, non può essere confuso questo moto con quello della massa liquida. Del primo ha gli elementi per valutarlo; non così però del secondo. E se in alcune complicatissime vicissitudini della navigazione una conveniente distinzione de' due moti potrà sfuggire alla vigilanza ed alla perspicacia del capitano, questa eccezione però non deve distruggere la mia proposizione, la quale per essere ammessa basta che abbracci i casi di tempeste ordinarie che sono molto più numerosi.

Esclude secondariamente *il caso del mar Rosso avendo* ec. Io ho ridotto la misura di Huot a quella di Bourdaloue (pag. 26). Ora , la misura ottenuta da questi nel 1847 fu di 2^m, 61 ; e l'ultima trovata nel 1853 da Linant-Bey e da Mougél-Bey è di 2^m, 43. Dunque, tenendo anche questa minore per la più esatta , mi pare di non essermi male apposto nel dire che la differenza di livello prodotta dal vento *resterà sempre sensibile*. Ma la menzionata Commissione avverte inoltre, che se esistesse una qualunque differenza di livello *si dovrebbe ciò ripetere da una causa essenzialmente differente*.

Io confesso di non sapere quale possa essere questa causa essenzialmente differente , avendo il mar Rosso il suo asse principale diretto pressochè al nord ed al sud; e siccome non fo la questione del confronto de' due livelli, ma sibbene indago la causa del fatto isolato , cioè del fenomeno che verificasi nel mar Rosso per causa del vento, così mi permetterò sottoporre alla Commissione un'autorità più speciale di quelle da me già citate , la quale conferma con fatti ineccezionabili *la causa* del fenomeno indicata da Huot e da me abbracciata.

« C'est un fait bien constaté, que l'effet des grands vents de S. pendant les mois de décembre, janvier, février et mars, est d'élever le niveau de la mer Rouge dans sa partie septentrionale, et qu'au contraire, ce niveau s'abaisse de plusieurs pieds en juillet, août et septembre sous l'influence des grands vents de N.N.O. qui enfilent le détroit. Une preuve de ce phénomène, c'est que le banc Durable, quoique situé au milieu de la mer, est, à une certaine époque, assez à sec pour que l'on puisse y planter une tente, tandis qu'il est, à une autre époque, recouvert par les eaux. On peut encore observer cette différence de niveau sur les récifs de corail, près le Jddah. (Stafford-Bettesworth Haines: *Description des côtes méridionales d'Arabie*. Traduzione dall'inglese di J. de la Vaissière. Ann. hydrographiques tom. 1. pag. 357) ». Io potrei inoltre citare altre autorità, ma a che prò? La Commissione sa che ripetesi giornalmente lo stesso fenomeno in tutte le nostre coste ed in quelle dell'Oceano. Sa che il mar Rosso per la sua topografica configurazione si presta più d'ogni altro a risentir gli effetti di un vento forte e continuato nella direzione del suo massimo asse; quindi mi è lecito credere che la sola esagerata misura dell'Huot abbia suggerito alla eccelsa Commissione la totale esclusione del caso del mar Rosso.

In terzo luogo: all'ossequiata Commissione assai spesso nasce il dubbio che l'effetto del trasporto, di cui mi occupo, possa essere quello stesso che si verifica nelle profondità minori di 200 metri, il quale è influenzato dalla reazione del fondo.

Io posso assicurare la Commissione, che in questa parte del mio discorso ho inteso parlar sempre di quel trasporto che risentiamo *in alto mare*, ossia ove il fondo non può avervi mai veruna influenza. E siccome lo Stevenson nel raccontare i fatti di trasporto a lui accaduti, non ha fatto la distinzione rilevata dalla Commissione, così io ne ho avvertito il lettore alle pag. 38 e 39, ed ho situato quei fatti al loro posto (pag. 46 e 47).

A maggior conferma della mia proposizione sottopongo al savio giudizio della Commissione due tra i tanti esempli che abbiamo sul trasporto in altissimo mare dovuto soltanto al moto di massa nei marosi. Il vascello di S. M. britannica il *Winchester*, leggo nell'opera del dotto ufficiale della marina di Napoli Rodriguez, *dopo forti venti da ponente ... burrascosi di SO. che soffiarono per più giorni ...*, e nel 10 luglio con venti varianti dal N. all'O., osservò che la corrente nel periodo di 24 ore la aveva trasportato per 130 miglia a levante. Il *Winchester* trovavasi a 7° di latitudine N., ed a 26° di longitudine

O. di Greenwich. « In questo paraggio, soggiungerò con lo stesso Rodriguez, il generale risultamento delle osservazioni, comunque non raggiunga una grande precisione, pure si accorda nel medio a dar gli effetti di 7 a 9 miglia al giorno di trasporto alla corrente *procedendo all'ouest* ». Niuno potrà dubitare, dirò ora io, che a bordo di quel gran bastimento da guerra tutti gli elementi di stima non fossero tenuti a calcolo colla maggior precisione possibile, e che perciò le 130 miglia di anomalia non si debbono accagionare a difetto di buona stima dello scaroccio, nè a quello di accuratezza sul cammino dedotto dal solcometro, nè a negligentata imperfezione della bussola, e nè a disattenzione del timoniere. In una parola tutto mi fa credere che quel trasporto fu principalmente dovuto ad un movimento speciale di massa alla superficie dell'acqua. Ora come si può spiegare per corrente propriamente detta tutto quel trasporto in sì breve tempo? Se C. Philippe de Kerhallet notava, parlando della corrente di Mosambicco la cui velocità è fra 18 e 28 miglia in ventiquattro ore, ma da alcuni capitani *trouvée de 139 milles, dans des circonstances particulières*, notava dico, che *il n'y a pas d'exemple d'une pareille vitesse de courant, si ce n'est pour le maximum de vitesse observé dans le Gulf-stream*, quanto più notevole, o per dir meglio stravagante, sarebbe il fatto del *Winchester* accagionandolo a corrente ove la corrente regnante ha direzione opposta a quella del trasporto da lui sperimentato? Prima di trarre conseguenza da questo fatto passiamo all'altro, chè una sola conclusione li abbraccia entrambi.

Dal de Tessan si deduce che la fregata la *Venere* il giorno 10 aprile 1837 essendo nella latitudine $49^{\circ} 46'$ S. e nella longitudine di $80^{\circ} 46'$ O. di Parigi, si trovò trasportata di miglia 30,7 nella direzione di S. 80° E. in 24 ore. Niun dubbio al certo si può avere che, come a bordo del vascello inglese, così a bordo della fregata francese, non siasi tenuto scrupoloso calcolo de'soliti elementi di stima. Anzi è da ritenersi che il trasporto totale della fregata sia stato di miglia 47, 5; dal quale dedotti sette decimi di miglio l'ora per il trasporto dovuto al maroso, dal de Tessan ammessi in simili casi di vento forte, è restato quello di 30,7 classificato da lui per corrente. Da speciali e convenienti esperimenti fatti dalla fregata stessa risulta che in quel paraggio la corrente costante va verso il nord. Difatti il 4 aprile nella latitudine $57^{\circ} 16'$ S. e longitudine $84^{\circ} 35'$ O. il de Tessan riferisce, che con tempo perfettamente calmo, mentre il bastimento non aveva *aucun mouvement par rapport à l'eau de la surface*, fu gittato il piombino sino a 3720

metri di profondità, e *la ligne est restée parfaitement à pic*; ma il bastimento *était alors emporté vers le N. 2° E. avec une vitesse de un demi-mille à l'heure*; quindi egli ne dedusse una corrente di 12 miglia in 24 ore in quella direzione, e si persuase che *ce courant est un courant de masse*, per lo meno fino a quella profondità partendo dalla superficie del mare. Il 16 ed il 24 dello stesso mese nelle latitudini di 43 e di 34 gradi sud furono ripetuti gli scandagli a profondità di 1780 e 290 metri; e sempre *la ligne est restée parfaitement verticale, quoique le bâtiment fût, sans aucun doute, porté vers le nord, comme dans les jours précédents . . . avec une vitesse d'un mille à l'heure environ: ce qui prouve encore que ce courant est un courant de masse et non pas uniquement un courant superficiel*. Questi esperimenti di corrente, fatti con un metodo preferibile ad ogni altro, in circostanze le più favorevoli e poco prima e poco dopo il 10 aprile, mi provano adunque che il bastimento, nel giorno in cui cade la mia ricerca, si trovava in una corrente di grande altezza dalla superficie a basso, dimodochè non può *être considéré*, come osserva Arago, *comme une simple rivière superficielle d'eau froide*, ma si deve ritenere come prodotta *par une section considérable des mers polaires, marchant majestueusement du sud au nord*. Dopo ciò, come poter spiegare per corrente, e porla fra le altre che realmente sono tali, quel trasporto in 24 ore di 31 miglio al S. 80° E., cioè in direzione normale alla dominante corrente, la quale inoltre per essere di acqua fredda e di gran massa non facilmente cede all'azione del vento? Ma se passo a consultare lo stato del mare e la direzione del vento nel giorno preso ad esame ed in quelli antecedenti ad esso prossimi, io trovo per me una evidente causa a quel fenomeno. Il mare fu *houleuse* e *grosse* ed il vento nella media direzione di ouest, in generale *bonne brise, frais* e *grand-frais*. Così essendo, i flutti, in questa accidentale combinazione di grosso mare e forte vento, animati di trasporto di massa alla superficie, trasportarono il bastimento nella loro direzione nella totalità di miglia 47,5.

Egli è però che io concludo per questo e per l'altro fatto del *Winchester* qui registrato, e per la lunga serie degli altri eguali o simili, che conveniente spiegazione al fenomeno in discorso può solo trovarsi nell'ammettere rilevante moto di massa alla superficie de'marosi, ed in questi casi, anche dove la profondità del mare permette ad essi libero sviluppo per ogni verso.

3.° Passa poi la Commissione a quel fenomeno che io chiamo *flutto-corrente*, cioè a quel trasporto che ha luogo presso il lido, ossia quando non è più libero lo sviluppo inferiore dell'onda. — Fenomeno da tutti ammesso per l'onda-marea, la quale non può negarsi che abbia una grande analogia coll'onda del vento (pag. 43 a 46). — Ai fatti che io adduco in proposito, la Commissione osserva, che alcuni autori danno di essi una spiegazione indipendente dal moto di trasporto della massa liquida; il che è vero, epperò nelle pagini 49 a 51 ho avvertito le diverse cause che possono aver parte in questo trasporto, ma in fine ho dovuto convincermi che esse non basterebbero nella maggior parte de' casi a cagionare la perdita di bastimenti bene provveduti e ben comandati, e quindi ho concluso che nelle *spiagge sottili anche a più miglia lontano dalla riva, l'onda non ha più moto apparente e di percussione soltanto, ma benanche di trasporto progressivo in massa*. Ma la Commissione non sembra punto persuasa di questa mia conclusione e però si fa a chiedere come, *avendo tutta l'acqua moto continuo di trasporto verso il lido, non inondi e il lido e i terreni, e poi qui pure bisognerebbe trovare l'enorme forza che sarebbe mestieri a mantenere una differenza di livello alcun poco notevole*.

È un fatto ben noto alla Commissione che appena il tempo *sente di fuori* le acque nel litorale si empiono, e quando il vento scende ed il mare s'ingrossa, queste acque sono più elevate del livello ordinario in qualunque stato della marea di circa 0^m,50 nel Tirreno, di 1^m,00 nell'Adriatico. Questo fatto non potendo essere posto in dubbio, dobbiamo convenire che la forza necessaria per produrlo esista. Quell'alzamento di livello, che è non di rado maggiore ancora del qui indicato, inonda in fatti in proporzione della sua altezza; e se in tempo di massima marea *vi ha burrasca prodotta da venti australi . . . le strade e le piazze della città di Venezia sono inondate* (Mariani pag. 2). Ma ammettendo io nell'acqua un moto continuato di trasporto, il quale può avere più giorni di durata, è duopo rendere ragione dell'esito di questa grande massa liquida. Dalle mie esperienze e da quelle altrui io ho trovato che quell'altezza di livello premuta dalla sovraincumbente massa di acqua proveniente dal punto ove lo sviluppo inferiore del flutto incontra reazione nel fondo del mare, *defluisce con corrente paralella alla costa più o meno radente o veloce secondo la direzione e potenza de' flutti, perchè all'impeto di questi è dovuta* (pag. 48). Ed è questa stessa massa di acqua in moto che produce non solo il trasporto de' bastimenti, degli arredi da pesca ec.

(pag. 46 a 53), ma puranco tutti gli insabbiamenti da me registrati dalla pag. 91 a 96. (*) Se i fatti sono veri, e se questi ultimi sono *indubitatamente* prodotti dai flutti, ne scende necessaria conseguenza che la massa ondulante componente il flutto, giunta al punto della reazione del fondo si trasforma in corrente, come accade nell'onda marea, tanto più vegeta quanto più si accosta al lido, e quindi quantunque la causa del trasporto degli oggetti compresi nei primi fatti non si presenti chiaramente ai nostri sensi quanto quella degli ultimi, a me non resta dubbio alcuno che cotesti eguali effetti non siano prodotti dalla stessa causa. Le lunghe serie di fatti da me ivi raccolte potrebbero essere aumentate ancora; ma io spero che dalla Commissione siano ritenute per sufficienti in uno scritto che porta il titolo di *Cenni*.

4.° Entra poi la Commissione a fare delle osservazioni nella seconda parte del mio lavoro. Dallo studio dell'opera del Montanari e di tutte quelle degli altri autori che hanno abbracciato la dottrina di lui, mi sono convinto che questa dottrina non ammette che i flutti smuovano i fondi *e portino e tengano* ecc., ma soltanto che *smuovono* ed intorbidano l'acqua. Il *portare* è, per il Montanari e suoi seguaci, devoluto alla corrente litorale, ed il *tenere le materie smosse* è appropriato ai flutti (pag. 77 e 78). Quindi il fenomeno *del trasporto* de' materiali, da cui dipendono gl'insabbiamenti, viene da essi attribuito interamente alla *sola corrente*; niuna parte vi ha il flutto. Questo è il punto cardinale della questione, questo è per me il difetto di quella dottrina, e questo è quello che ho preso a confutare. Sullo smuovere io sono con loro, e, come era mio dovere, ho notato che il Montanari ammette ai flutti una tale azione (pag. 77, 87 e 88): solo diversifico da loro nel credere che i flutti possano smuovere a profondità di acqua anche cinquanta volte maggiore di quella creduta dal Montanari.

Quello che io ammetto e quel che io escludo della sua dottrina, è per me una convinzione perfetta, quindi spero che non dia luogo nè a pochi, nè

(*) Sino ad un certo limite, variante secondo la configurazione della costa e lo stato dell'atmosfera, quell'empimento di acqua si tiene ad un eguale livello lungo tutto il tratto del litorale sottoposto a questo fenomeno; ma oltrepassato il detto limite, il che più facilmente accade quando i venti invadono la costa ed il mare scende e poi si frange, il detto empimento defluisce dal lato ove trova minor resistenza, sviluppando quel trasporto di massa che io chiamo flutto-corrente e che servì al celebre navigatore Duperrey a valicare degli spazi notevoli con un palischermo, senza altro motore che esso flutto, reso molto rapido nella zona de' frangenti (pag. 41).

Nota di dilucidazione ora aggiunta agli schiarimenti già inviati all'I. R. Istituto.

a *molti dubbi*, da parte mia. Anzi niuna teoria è tanto chiaramente descritta quanto quella del Montanari. E chiarissimi sono uel loro dire anche i fautori di quella, ed il Venturoli pel primo in chiarezza ed in convinzione di quello che egli sostiene. Quindi il fatto di questo grande idraulico riferito dalla Commissione non mi pare che possa in modo alcuno inferire nella mia proposizione. Il Venturoli se in Anzio dava nel segno, non era già merito della teoria da lui sostenuta, ma sibbene perchè in Anzio la direzione de' venti regnanti è quella stessa della corrente. La Commissione m'insegna che per veder bene il Venturoli, bisogna studiarlo nell'Adriatico; a Fano per esempio. E poi non è egli forse che ha detto e voluto *dimostrare*, che i materiali sono *obbligati ad avanzare a seconda della corrente anche in tempo di burrasca qualunque sia la direzione del vento*? Se questa sentenza da me riportata a pag. 78 si legge veramente nell'opera sua, tutto il resto non può meritare seria trattazione, perchè egli si trova in perfetta opposizione con quel che io asserisco; mentre egli manda i materiali a sola balla di corrente anche contro la violenza de' flutti, io all'incontro ammetto oltre ai trasporti che le correnti fanno, anche quelli procedenti a seconda de' flutti, e *questi trasporti prevalenti a quelli delle correnti anche in direzione opposta ad esse*.

In questa breve esposizione niun'altra cosa ho avuto innanzi allo sguardo se non il debito che m'incombe di corrispondere all'incarico della dotta ed erudita Commissione, alla quale, siccome conosco con quanta amorevolezza essa ricerchi e favorisca lo studio dei fenomeni della natura, così stimo far cosa grata partecipando quel poco che di essi fenomeni ho potuto intendere nell'esercizio dell'arte mia.

Roma 18 febbraio 1856.

A. Cialdi.

I. R. ISTITUTO VENETO DI SCIENZE LETTERE ED ARTI.

RAPPORTO SECONDO.

Di una Memoria del commendator Cialdi intorno al *Moto ondoso del mare ed alle sue correnti*.

(Commissari, signori ingegner Casoni, professor Minich
e professor Turazza relatore).

Nell' adunanza del 28 Gennaio del corrente anno la sottoscritta Commissione riferiva a questo I. R. Istituto intorno ad una memoria del Commendatore Cialdi sul moto ondoso del mare e sulle sue correnti in base ad un manoscritto inviato dal medesimo Autore a questo nostro Istituto.

Tributando al ch.^{mo} Autore quella lode che ben meritavano l' importanza e la difficoltà de' suoi studii, la molta erudizione largamente sparsa per entro a tutta la memoria, e i notevoli risultamenti della lunga e sperimentata sua pratica, la Commissione però non potè tacere alcuni dubbj che le si presentarono nello scorrere questo pregevolissimo lavoro, mostrando in essi il suo desiderio di vedere viepiù illustrata la quistione intorno ad alcuni punti che non le parvero abbastanza chiariti.

Comunicato il voto della Commissione al chiaris.^{mo} Autore, volle egli tenere gentilmente l' invito inviando all' Istituto stesso alcuni suoi cenni a dilucidazione maggiore dell'argomento, non che un esemplare della memoria già stampata, ma non resa poi ancora di pubblico diritto, e nella quale ebbe la vostra Commissione a riscontrare non poche e rilevanti aggiunte fatte a quel primo lavoro, sul quale eransi allora fermate le sue osservazioni.

Egli è per corrispondere alle replicate prove di gentilezza del sig. Commendator Cialdi, che la Commissione ritorna volentieri sul proprio voto, e anche perchè scorgendo aver egli voluto dare talora al voto medesimo quasi un senso di opposizione più che altro, non ha creduto opportuno che per manco di chiarezza i suoi pensamenti potessero essere fraintesi, o spinti più in là di quel segno al quale la stessa aveva voluto arrestarli.

Che se la Commissione riputò che si avessero dovuto porre in maggior lume le opinioni emesse da quelli autori che per essersi *exprofesso* occupati della questione meritano anche un peso notabilmente maggiore, non ha voluto di ciò dar carico all'Autore, non era questo che un desiderio provocato dalla stessa copia di erudizione con cui egli illustra questa prima parte del suo lavoro; nè volle per certo riputare ciò indispensabile alla retta esposizione dei pensamenti dell'Autore.

Così pure la Commissione non poteva negare, nè il fece, l'azione perturbatrice del vento, e la facoltà d'imprimere anche in alto mare un proporzionato moto di trasporto alla massa liquida; avvertì solo che il trasporto della massa liquida per l'azione del vento potrebbe non aver sempre per misura il cammino percorso dal galleggiante, e dichiarò che per quanto spetta ai fatti recati in campo dall'Autore essa si riporta ben volentieri al suo giudizio, mostrandosi egli così versato specialmente nella pratica, da cui solo si devono ripetere i dati, onde accertare il quanto d'una stima resa così difficile da tante e svariatissime circostanze.

Se nella vicinanza del lido la Commissione accennò ad altre spiegazioni del moto di trasporto degli oggetti indipendentemente da quello della massa liquida, non volle con ciò impugnare l'opportunità della spiegazione data dal dottissimo autore; e se chiedeva ragione del non accumularsi dell'acqua alla riva, egli era perchè reputa la stessa che molti fatti si spieghino per l'azione dei venti nel tenere in collo l'acqua più che coll'accordare un reale moto di trasporto all'acqua medesima; e nel mar Rosso fece rimarcare che il *livello medio* è eguale a quello del Mediterraneo, e che la differenza fra le alte e basse maree è dovuta a causa essenzialmente diversa da quella accennata in quel luogo dall'autore; accordando qui pure pei casi eccezionali che il vento tenga in collo l'acqua come nell'Adriatico allo spirare dei venti del Sud.

In quanto al trasporto delle materie operato dai flutti, la Commissione si trovò indotta dai fatti recati dall'Autore ad accordarlo, e rese la dovuta lode alla cura posta dall'Autore stesso nella ricerca di questi fatti; il che ripete ora tanto più che riscontrò questa parte del suo lavoro specialmente di molto accresciuta e perfezionata; solo gli parve non abbastanza chiarito quello che si deve alle correnti, ed è lieta di vedere nello stampato che

l'Autore abbia modificato quel passo relativo ad un'opinione del Venturoli sul porto d'Anzio avvertito dalla stessa. (*).

La Commissione ha creduto suo debito di porgere queste semplici osservazioni per rispondere essa pure alla cortesia dimostrata dall'Autore, al quale le è di somma compiacenza il poter ripetere quanto aveva avuto l'onore di dire altra volta nel suo primo rapporto, che cioè riconosce il lavoro del sig. Commendatore Cialdi meritevole di moltissima lode per la vasta sua erudizione, per gl'importantissimi e svariati fatti in esso raccolti, per le notevoli osservazioni dovute specialmente alla sua lunga e dotta pratica, per gli utili ammaestramenti che se ne possono trarre, e perchè finalmente non potrà a meno di non essere utilmente consultato da chi vorrà in seguito ritentare un tanto arduo problema.

Letto ed approvato nell'adunanza del 17 agosto 1856.

Il Segretario
NAMIAS.

(*) Spero che mi si avrà per iusato se dichiaro di essermi forse male espresso nel passo cui si allude. Il Venturoli in tal questione è tanto lucido che niuno avrebbe mai potuto scorgere in lui altro convincimento se non quello, che *tutti non hanno mai moto di trasporto*, e che la corrente è *il solo veicolo dei trasporti* che producono gl'insabbiamenti: e ciò tanto in Anzio quanto in Fano, sebbene in ambedue i porti la direzione della corrente sia nel verso medesimo, e i materiali camminino in verso opposto: al qual convincimento del Venturoli, io ho sempre ugualmente inteso di opporre fatti e ragioni.



APPENDICE

DOTTRINA DEL PALEOCAPA SUL PROTENDIMENTO DELLE SPIAGGE — CONTRARIA ALLA MIA: — PROPOSIZIONI DI LUI — FATTI CHE LE CONTRADDICONO. — SUO GIUDIZIO PER DIFENDERE DAGL'INSABBIAMENTI UN PORTO NEL GOLFO DI PELUSIO. — PERCHÈ, PARTENDO DA OPPOSTI PRINCIPI, CI TROVIAMO QUIVI D'ACCORDO. — PROPOSTA DI NUOVO ESPEDIENTE PER RITARDARE NOTABILMENTE I NOCIVI EFFETTI DELLE SABBIE.

40. **A** compimento del quadro degli autori che hanno pubblicato le idee loro sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso, io desiderava di registrare i nomi di Pietro Paleocapa e di Giuseppe Ponzi (pag. 18).

Nel corso della stampa del mio lavoro, il Ponzi rese di pubblica ragione il risultamento de' suoi studi sull'argomento medesimo, ed io ne feci tesoro (pag. 52 e 53); ma non ebbi la stessa sorte con il Paleocapa circa alle sue *Considerazioni sul protendimento delle spiagge e sull'insabbiamento dei porti dell' Adriatico applicate allo stabilimento di un porto nella rada di Pelusio*; dappoichè, pubblicate esse in Torino nel giugno di quest'anno 1856, non poterono giungere a mia cognizione se non quando la stampa del mio lavoro era già da qualche mese ultimata. Se mi giovai adunque delle osservazioni del Ponzi favorevoli all'intento mio, crederei ora di mancare al rispetto dovuto ad una autorità meritamente tanto celebre quanto è quella del Paleocapa, passando sotto silenzio lo scritto di lui, il quale contraddice le due principali proposizioni che servono di base a quasi tutto l'edificio da me inalzato. Egli è perciò, che con questa breve appendice intendo di pagare un debito di riverenza, e di soddisfare insieme all'esigenze della scienza.

Il professor Paleocapa, uno di quei rari ingegni che onorevolmente continuano la catena degli idraulici italiani, maestri di color che sanno, nel suo grave ed aureo scritto di sopra annunziato crede ancora causa principale dell'insabbiamenti de' porti e de' lidi del nostro mare la corrente del Montanari, e spiega la direzione delle foci in mare colla medesima teoria dettata da

questo distinto astronomo (*). Che se egli, il Paleocapa, ammette come causa efficiente le onde marine in quel lavoro, stabilisce però questa causa come secondaria e come conseguenza della prima, cioè della corrente. Io adunque credo e sostengo precisamente l'opposto di quel che crede e sostiene il suddetto illustre professore, e perciò trasandando le proteste sulla gravità dell'assunto di cui sono pur troppo penetrato, mi limiterò solo a dilucidare quei fatti che mi confermano nel mio contrario convincimento.

41. Dice il Paleocapa che *sui lidi veneti, ove la corrente litorale fu osservata e studiata ne' suoi effetti con grande accuratezza fino dalla metà del sec. XVI, cioè tre secoli fa, non meno che sui lidi delle Legazioni pontificie, si è giudicato, che ove non sia nè contrariata, nè favorita dai venti o dalle maree, essa possa ritenersi dai sei agli otto chilometri al giorno*. Dice, che furono anche fatte osservazioni replicate sulla profondità a cui essa agisce, e parve potersi stabilire che a mare tranquillo essa cessi di avere azione soltanto a sette od otto metri sotto la superficie delle acque. Io sono interamente d'accordo con lui sulla velocità e sulla profondità cui giunge l'azione di detta corrente nel lido in discorso (p. 84); ma non posso con lui convenire che gli effetti di essa siano poi tanto rimarchevoli ed evidenti sul movimento e trasporto delle alluvioni, in guisa che quel grande avanzarsi della costa setten-

(*) Il trattato *del mare Adriatico e sua corrente* fu gettato in due lettere dirette al cardinale Basadonna nel 1684, ma non fu pubblicato la prima volta che nel 1715, come opera postuma perchè il Montanari morì nel 1687. Se il dotto autore della troppo celebrata teoria contenuta in quel trattato, avesse vissuto più lungamente, io inclino a credere che egli l'avrebbe abbandonata o almeno notevolmente modificata. Lui vivente mi pare che non sarebbe stata pubblicata come egli la scrisse. Tuttavia siffatta teoria ha avuto ed ha una rinomanza europea.

« Allorchè un celebre scienziato annunzia un fatto, e sopra di esso stabilisce induzioni, e l'uno e le altre si accettano generalmente senza esitare, non lasciando l'autorità della fonte da cui scaturiscono di che dubitare sulla loro realtà. Ma se per avventura si riconoscesse esservi in ciò qualche inesattezza, importa assai che la cosa venga dimostrata e resa palese colla maggior possibile pubblicità, al fine di rettificarla ovunque si è propagata ». Così saggiamente avvertiva l'illustre Elia Lombardini alludendo alla celebrata dichiarazione del Cuvier basata sulle ben note asserzioni del de Prony relative alle condizioni in che trovasi il Po nelle vicinanze di Ferrara (**), e così mi permetterò di dire e di usare anche io riguardo all'accennata teoria del Montanari; invitando però un' autorità pari a quella del Lombardini di dare alla rettificazione che credo necessaria quella valevole pubblicità, la quale da me non si pretende di conseguire.

(**) *Dei cangiamenti cui soggiacque l'idraulica condizione del Po nel territorio di Ferrara, e della necessità di rettificare alcuni fatti annunciati da Cuvier su tale argomento*. Milano 1852, pag. 3.

trionale ed occidentale dell'Adriatico non limitatamente ai punti dove sboccano i fiumi, ma su tutto il suo sviluppo, debbasi indubitatamente attribuire alla corrente litorale; che le lame di fondo traversino, ma non interrompano la detta corrente di modo che essa col suo moto continuo trascini seco di porto in porto le sollevate materie; che l'efficacia della stessa corrente, nel far avanzare la spiaggia colle sabbie che essa trascina, sia maggiore di quella che abbiano le onde col sollevar dal mare le sabbie medesime; in una parola che la ripetuta corrente produca la crescente estensione della costa nel suo giro continuato intorno all'Adriatico, mentre le lame di fondo non vi prendano parte che come causa secondaria e meno efficace.

42. Se il mio contrario avviso fosse stato basato sopra un'opinione mia, o anche d'altrui, io non avrei esitato un momento ad abbracciare le proposizioni di un'autorità così meritamente celebre come è quella del commendator Paleocapa, ma esso poggia sopra fatti e tali che non mi permettono in verun modo di transigere. Potrei contentarmi di citare in mio sostegno la *Seconda Parte* di questa scrittura, e più specialmente quanto in essa ho raccolto dal numero 30 al 36. Tuttavia a maggiore schiarimento dell'accennato alla pag. 93 tornerò qui sull'argomento dell'uso degli speroni o guardiani e su gli effetti loro. L'effetto e l'uso di questi ripari praticati dai veneziani per opporsi al progresso dello scanno che minacciava di ostruire il porto di Malamocco, confrontato con l'effetto e l'uso de' ripari stessi praticati dai pontifici per difendere i porti loro, è concludentissimo paragone per dedurre la vera precipua causa degl'insabbiamenti. — Il mare Adriatico, che fu culla all'ingegnosa dottrina del Montanari, si presta quanto ogni altro mare, e più ancora degli altri, per darle tomba —.

I suddetti guardiani o speroni nel litorale veneto ed in quello pontificio sono usati, sia come armature de' porti-canali, sia come ripari avanzati, per difender dai materiali ostruttivi quei porti stessi. Noi abbiamo per fatto certo cinque cose:

1.^a che la corrente del Montanari costeggia sulla spiaggia veneta e su quella pontificia da sinistra a destra, guardando il mare;

2.^a che la detta corrente ha eguale velocità nelle due spiagge, cioè dal capo Sdobba a Sinigaglia;

3.^a che de' fiumi torbidi scaricano a monte dei porti veneti e de' porti pontifici;

4.^a che le dighe più protratte nel veneto, e gli speroni colà costruiti, sono dalla sinistra de' porti, e gli speroni e le dighe più protratte nel pontificio sono dalla destra de'suoi porti;

5.^a finalmente che i guardiani lungo il lido veneto accumulano molta più sabbia a monte, cioè dalla sinistra, che a valle, e quelli lungo il lido pontificio accumulano molte più sabbie ed altri materiali a valle, cioè dalla destra, che a monte.

Ora, come è che gl'insabbiamenti, ossia le maggiori protrazioni della spiaggia, si verificano nei guardiani veneti dalla sinistra di essi ed in quelli pontifici dalla destra loro? Se la corrente radente fosse l'artefice principale di quegli accumulamenti, essi dovrebbero essere tutti dalla sinistra degli ostacoli, perchè la ripetuta corrente, non avendo che uguale direzione e velocità su tutto il litorale preso ad esame, non può produrre che eguale effetto. Dunque un'altra deve essere la causa di siffatta differenza d'insabbiamenti; e questa è il moto ondoso. Vediamolo, partendo dai guardiani veneti.

I venti dominanti e regnanti nel golfo Adriatico sono il *Bora* e gli *Sciroccali*. Il primo comprende da nord-nord-est a est-nord-est: i secondi abbracciano da est-sud-est a sud sud-est. Questi battono normalmente il lido veneto; dunque i flutti di essi non possono produrre che eguale accumulamento di materiali dai due lati di quei guardiani piantati perpendicolarmente a quel lido. Il bora soffia da sinistra di detti guardiani; dunque da questa parte dovrebbe essere l'accumulamento maggiore se il moto ondoso lo producesse; e precisamente da questa parte esso esiste. Veniamo al lido pontificio.

Il vento dominante e di traversa in questo lido è il bora; dunque i flutti di questo vento, scendendo nella direzione perpendicolare al lido pontificio non possono che produrre eguale insabbiamento dai due lati di quei guardiani che sono normali ad esso lido. Gli sciroccali soffiano da destra a sinistra di questi guardiani; dunque l'accumulamento maggiore delle sabbie o di altri materiali dovrebbe essere dalla destra di essi; e precisamente dalla destra di essi si trova, quantunque la corrente litorale quivi cammini da sinistra a destra.

Nello scorso maggio io ebbi l'onore di prender parte coll'illustre ispettor emerito cav. Maurizio Brighenti alla visita del porto-canale di Pesaro grandemente danneggiato da due straordinarie piene dell'Isauro, con lo scopo di suggerire, egli per il governo ed io per la magistratura, quei provvedimenti che meglio convenissero per porre sostanziale rimedio ai sofferti danni.

Nei nostri studi avemmo occasione di avvertire che l'armatura, ossia le dighe, di detto porto da oltre due secoli non era stata protratta; mentre in Rimini, in Cesenatico, in Ravenna eccetera si era reso necessario ogni venti o trenta anni un prolungamento delle loro dighe. Egli è vero che presso Pesaro la spiaggia cammina meno che lungo il litorale delle sopra notate città; ma non pertanto, calcolato il normale progredire della spiaggia nel lido pesarese, si trovò che le dighe di quel porto avrebbero dovuto essere state protratte almeno di sessanta metri in quel periodo di tempo per camminare di pari passo coll'accrescimento della spiaggia, e ricercata la cagione di questo tralasciamento nelle adiacenze del porto, la si trovò facilmente, perchè fu veduto che in luogo di prolungare le dighe erano stati prolungati alcuni guardiani o speroni che trovansi a destra di quel porto. Ed ecco i fatti.

Dalle dotte *Memorie del porto di Pesaro* di Annibale degli Abati-Olivieri Giordani (*) e dalle cronache municipali si rileva, che l'antica foce navigabile era prima al Vaccarile, cioè 2800 metri a destra del presente porto, ove ora esiste un guardiano che vi si è sempre mantenuto e si mantiene lungo metri 62 nella parte interamente scoperta, ed ha altri metri 30 visibili in alcuni punti ed il di più sepolto sotto la sabbia. Di poi fu quella foce tramutata a metri 1850 verso sinistra di quel riparo, cioè ove ora è il guardiano di Porta-sale, presentemente immerso nell'acqua per la lunghezza di 67 metri, e, per quanto può scorgersi, metri 28 circa interrato: finalmente nel 1614, ove la si trova adesso. Questi guardiani o ripari si sono per regola mantenuti e prolungati nei tempi passati, ed hanno essi fatto l'opera de' prolungamenti che sarebbero occorsi ai due moli della foce presente, arrestando i materiali che i venti regnanti e dominanti, portano verso maestro, come accade lungo la spiaggia pontificia. Nè questo effetto, essendo costante (dicevamo col Brighenti), può dar luogo ad alcun dubbio. Epperò deplorammo che il guardiano di Porta-sale fosse stato accorciato di 25 metri non sono molti anni, siccome ci fu concordemente asserito.

Non fa di mestieri l'avvertire che i sopra due nominati guardiani essendo a destra del porto di Pesaro, e rattenendo i materiali che provengono da destra, in guisa che la spiaggia da questa parte de' guardiani è più protratta di quella a sinistra di circa 30 metri, confermano quanto io ho detto sull'uso e sull'effetto di queste opere di difesa.

(*) Pesaro 1774.

Dunque non può porsi in dubbio che il moto ondoso abbia la maggiore azione nel produrre e nel disporre gl'insabbiamenti in discorso, e che li produca più estesi di quelli prodotti dalla corrente litorale, anche ove la direzione di questa sia contraria alla direzione di quel moto. Dunque per questi fatti e per i tanti altri raccolti nella scrittura mia, non può non ammettersi che i flutti siano la causa principale degl'insabbiamenti de' lidi e de' porti.

Il disaccordo mio col valente professor Paleocapa verte anche sul determinare la profondità fino alla quale l'azione delle onde è veramente attiva.

Egli dopo di avere più volte asserito in genere che *le onde non agiscono sulle grandi profondità, ma solo sulle spiagge basse e dolcemente inclinate*, dice poi in ispecie che *ripetute osservazioni hanno provato che la corrente litorale agisce sino alla profondità di 7 od 8 metri, cioè a profondità maggiore di quella a cui hanno azione efficace le onde del mare sotto la sua superficie*. Dunque, secondo lui, l'azione efficace delle onde cesserebbe quando la profondità dell'acqua oltrepassa i sei metri. E perchè la voce *efficace* potrebbe lasciar dubbio sulla potenza attribuita dal nostro autore alle onde di fronte alla qualità de' materiali sottoposti alla loro azione, debbo notare che ei parla di spiagge di *sabbia, poco profonde e dolcemente inclinate*, e che solo ove verificansi queste condizioni dà alle onde potente azione di *sollevare le materie e gettarle contro la costa*; concedendo con questo secondo effetto un trasporto nelle onde non avvertito dal Montanari. Ma se sono veri i fatti da me riuniti nel numero 23, è vero ancora che io mi trovo dalla parte della ragione.

Se è vero che nell'Oceano a 200 metri di profondità le onde hanno efficacia d'intorbidare l'acqua sino alla superficie, e per l'urto dato nel sottoposto banco di rendersi notabilmente moleste ai naviganti (pag. 63); se nello stesso mare in 34 metri di fondo di acqua si frangono (p. 62); se nel mar Eolio bisogna scendere a 45 m. di profondità perchè gli arredi da pesca non siano dalle onde infranti o dispersi (p. 61 e 62); se nel Tirreno coll'agitarsi le acque s'intorbidano a più miglia lungi dalla spiaggia; se nel Sardo i bastimenti del *più alto bordo* ricevono sopra coperta de' marosi pregni di sabbia passando sopra banchi giacenti a 23 metri sotto la superficie (p. 60 e 61); se nel mare Libico nei fondi di 12 metri le onde non solo muovono il fondo, ma scalzano le àncore (p. 61); se alla stessa profondità si frangono (p. 100); finalmente, se nell'Adriatico, mare in cui l'illustre autore più specialmente dirige le sue investigazioni, le onde ove incontrino fondi di 20 metri si rendono più corte, più frequenti e recano gran travaglio ai na-

vigli (p. 61); e se nello stesso mare si frangono a 10 e più metri (p. 100); io per verità non posso convenire che nell'Adriatico, ed anche nel mare Libico, le onde nelle spiagge di oltre sei o sette metri di profondità di acqua non abbiano più efficacia di sollevare e trasportare le sabbie.

In questi mari, cioè italiano ed egiziano, perchè le teste delle dighe non fossero sotto l'influenza di minuti materiali smossi dai flutti nella direzione di fuori verso terra, bisognerebbe che s'inoltrassero in una profondità otto o dieci volte maggiore di quella in cui il Paleocapa crede che cessi l'azione efficace per ismuovere e trasportare le sabbie. Ma è d'avvertire che per i materiali provenienti dai lati delle dighe, quanto più queste saranno lunghe, tanto più sarà alterata la naturale indole del lido, e tanto più vasta massa di materie si accumulerà a collo di esse, ed empito il bacino traboccherà. Il fatto di quel fondo di acqua di metri 8,50 circa che si aveva alla punta della diga di Malamocco quando la gettata fu incominciata, ed aumentato fin a 12 e 13 metri dopo compiuta la diga, può aversi come un'altra prova che a questa profondità i flutti hanno avuto efficacia di zappare e torre via quelle sabbie, le quali saranno però surrogate da altre, quando sarà più inoltrato in mare quell'accumulamento di sabbie prodottosi a sopravvento nell'angolo formato dalla lunghezza della diga stessa colla spiaggia ove vi si sono già accumulate in gran copia, di modo che una notevole parte di essa diga è fin da ora *tutta sepolta dentr'esse anche dove eravi profondità di cinque a sei, e fin nove metri.*

43. Ma, dunque, tutto quello che il Paleocapa dice sugl'insabbiamenti futuri al nuovo porto proposto nel golfo di Pelusio non regge? Sì, regge benissimo, e sarà saggio partito attenersi ai consigli di lui.

44. Imperocchè in quel lido, la corrente littorale ed i flutti regnanti agendo nella medesima direzione cioè da sinistra a destra, il Paleocapa ben dice, come ben diceva il Venturoli quando parlava de' rimedi per difendere il porto Innocenziano in Anzio. Egli si troverebbe in contraddizione con i fatti se, basandosi sulla sua teoria, proponesse ripari ai porti pontifici nell'Adriatico, come precisamente mal si apponeva il Venturoli mentre cercava di provvedere ai difetti del porto di Fano (*); perchè anche questo grande idraulico,

(*) *Parere sulla riabilitazione del porto di Fano* (Esercitazioni agrarie dell'Accad. di Pesaro, anno XI, sem. I).

basato come il Paleocapa sulla erronea dottrina del Montanari, proponeva di difendersi dalla corrente e non dai flutti, e siccome colà i flutti hanno direzione opposta alla corrente, così egli, non più favorito dal caso come lo era in Anzio, lasciava indifeso il porto dalla parte onde veniva il nemico.

Quello che accaderà in Pelusio, secondo la mia opinione, è un accumulamento di sabbia a collo alla diga occidentale più sollecito e più generale di quello che crede il Paleocapa; ma ciò non potrà cagionare che il bisogno meno tardo di protrarre detta diga; bisogno largamente però sempre compensato dall'utile immenso che senza dubbio produr deve quella umanitaria, commerciale e non mai abbastanza lodata opera del taglio dell'istmo di Suez efficacemente ravvivata dall'illustre signor di Lesseps sotto gli auspici di S. A. il Vicerè di Egitto, principe fautor sommo d'ogni progresso di civiltà. Quindi anche a questa grande opera può applicarsi la sentenza che il Paleocapa ha pronunciata per alcuni porti cioè: « Che non conviene conchiudere che un porto artificiale possa mai sulle spiagge d'alluvione dell'Adriatico stabilirsi in guisa che non abbia a richiedere diligenti e continue cure per conservarlo, *ma che si può riuscire a rendere i lavori e le spese di manutenzione moderate e largamente compensate dalla utilità del porto* ».

45. A ritardare di molto quell'accumulamento da me prognosticato alla diga occidentale, ad ottenere assai più tardo il cattivo effetto che esso produrrebbe, e per l'uno e l'altro beneficio rendere di gran lunga più utile l'ultima parte della sentenza del Paleocapa, mi fo lecito proporre quattro provvedimenti.

Il primo, già manifestato dal Paleocapa, è quello di portare più verso oriente lo sbocco nel Mediterraneo del canale di congiunzione de' due mari, trovando un punto che, senza mettere in condizioni troppo gravi l'esecuzione del detto canale, offra una maggiore facilità di stabilirvi e conservarvi un buon porto; perchè a maggior distanza dal Nilo si sarà meno incomodati dagli scarichi de' materiali che esso convoglia al mare, e perchè ad una maggior distanza la spiaggia subacquea sarà forse meno estesa, e quindi si potrà raggiungere la necessaria profondità di acqua con una diga occidentale molto meno lunga, ed in proporzione si potrà diminuire anche l'altra più breve diga orientale e rendere meno costoso lo scavamento del porto e più facile la sua conservazione (*).

(*) A me sembra che da taluni non si dia agli scarichi del Nilo quel peso che meritano. Per lo passato ai soli materiali trasportati in mare dai fiumi si accagionavano i protendi-

Il secondo, quando dagli studi locali risultassero gravi difficoltà per il conseguimento del primo, io mi atterrei al giudizio già pronunciato dalla dotta ed erudita *Commissione scientifica internazionale pel canale di Suez*, cioè costruire il porto a ventotto chilometri circa a nord-ouest della baia di Tineh.

Il terzo è quello di spiccare dalla spiaggia degli speroni a sinistra del porto, cioè all'occidente di esso.

Il quarto in fine sarebbe quello di praticare l'espedito da me proposto per il nuovo porto di Pesaro; espedito che venne adottato dal professor Brighenti, e dall'eccelso Consiglio di arte in Roma approvato. Ecco in che consiste.

Il bisogno del commercio richiede 9 o 10 metri di acqua alla bocca del canale del nuovo porto egiziano. Or bene: posto per esempio, che per avere il suddetto fondo la lunghezza da darsi alla maggiore diga, cioè quella occidentale, sia di duemila seicento metri; e posto ancora che essa sia diretta in guisa che la bocca del canale sia coperta dai venti regnanti e dai dominanti, come si conviene: io farei in modo che essa diga occidentale, cioè

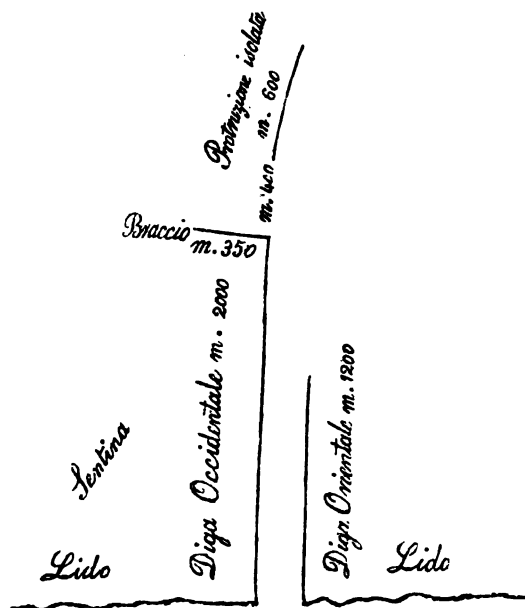
menti de' lidi: da pochi anni in qua si vorrebbe invece che i fiumi non vi avessero parte alcuna, o, tutto al più, ben limitata; epperò si è giunti persino a dire che gli stessi loro delta non siano il prodotto de' loro scarichi, ma sibbene de' detriti del fondo del mare. Nel numero 34 ho inteso di oppormi a questi due estremi, convinto come sono che in coteste vie non esista la verità. Il Paleocapa con molta lucidezza combatte il secondo estremo, che entra nel campo dello scritto suo, e conclude che *la belletta tenuta in sospensione dalle acque in tempo di piena, e che si perde in gran parte al largo, non forma che una minor parte delle materie scaricate dai fiumi in mare; la parte principale deriva dalle sabbie più o meno pesanti che i fiumi in ogni stato, che superi quello delle acque basse di corso stabilito, fanno strisciare lungo il letto dei loro ultimi tronchi*.

Gli avversari della formazione de' delta con i materiali de' fiumi stessi, adducono per ragione che quei grandi depositi sono pressochè esclusivamente formati da sabbie, mentre che i grandi fiumi, non avendo quasi più pendenza verso la foce, convogliano al mare molta melma e pochissima sabbia. Certo che nelle acque magre deve ciò verificarsi perchè debole in allora la velocità alla superficie più debole deve essere al fondo, e quindi non capace di trasportar sabbie. « Ma, dirò colla grave autorità del Lombardini, ma quando un corso d'acqua ripete il suo movimento dalla pressione per effetto di un carico o battente da cui venga sollecitato, la velocità va invece crescendo dalla superficie verso il fondo ». E, dopo aver egli riferito un concludentissimo esperimento che a lui dimostrò questa legge, soggiunge: « A tal causa sembra attribuibile la disposizione del fondo dei grandi fiumi per l'ultimo tronco prossimo alla foce in mare. Imperocchè, mentre in magra il pelo d'acqua costituisce una curva concava riducendosi da ultimo ad essere pressochè orizzontale; in piena invece la curva diviene convessa con notevole accrescimento di pendenza mano mano che si approssima alla foce, la quale pendenza viene a far ivi le veci di un carico o battente » (*); e così rende la velocità dell'acqua nel fondo capace di farvi strisciare le sabbie sino al mare, quando già non fosse tale per la molto aumentata velocità alla superficie.

(*) Opera più sopra citata pag. 24.

quella a sopravvento, avesse 2000 metri di lunghezza, e quella orientale, cioè di sottovento 1200. Nello stesso andamento della diga occidentale, come se fosse una continuazione della diga stessa, alla distanza di quattrocento metri io partirei con una protrazione o diga isolata della lunghezza di metri 600; cosicchè la testata più fuori in mare di questo tratto di diga si troverebbe distante dalla riva come se l'intera diga fosse di metri 3000, mentre in realtà il manufatto di essa non sarebbe che di 2600. Preferirei nelle dighe la linea di dolce curva alla retta, e con la convessità rivolta all'occidente.

Nella testata della diga occidentale, cioè a 2000 metri dalla riva, innesterei un braccio che, quasi parallelamente alla riva stessa, si dirigesse verso occidente per la lunghezza di tre a quattrocento metri.



La proposta diga o protrazione isolata, guadagnando un fondo di acqua maggiore di quello che si otterrebbe con una diga non interrotta di 2600 metri, e formando una rada di ricovero coperta dai venti più nocivi, farà risparmiare l'antemurale di 450 a 500 metri, suggerito innanzi alla bocca del porto per servire di rifugio alle navi nei cattivi tempi (*). Ma non è questo

(*) Si veda, nell'utilissima raccolta di *Memorie e documenti sull'apertura e canalizzazione*

il solo beneficio che produrrebbe il progettato espediente, chè allora sarebbe per la spesa una economia poco notevole.

Due sono i benefici che io credo possano meritare considerazione :

1.° La ripetuta diga isolata essendo nello stesso andamento di quella occidentale, trovasi naturalmente sulla linea di prolungamento che in avvenire possa essere necessario di dare alle due dighe che costituiscono il porto-canale, mentre l'antemurale, che venne proposto innanzi alla bocca di detto porto, sbarrerebbe il canale, quando queste due dighe dovranno essere trattate per riconquistare il perduto fondo di acqua ;

2.° Colla diga isolata si avrebbe una apertura di 400 metri fra il piede di questa diga e la testa di quella occidentale, la quale apertura produrrebbe, a mio avviso, rilevanti vantaggi se non fosse molto minore della suddetta misura per le seguenti riflessioni ;

a. Si otterrebbe colla diga isolata un utile fondo di acqua con la minima spesa possibile ;

b. I materiali convogliati fuori del canale in forza della proposta chiusa di scarico, o per il giuoco delle maree che si può con arte stabilir notabile nella uscita dal canale, non giungerebbero a depositarsi a ridosso della protrazione isolata ;

c. Il mare potrebbe liberamente spazzare quelli che si depositassero innanzi o prossimi alla bocca del porto-canale ;

d. Il flutto-corrente sviluppato dalle onde di sinistra, aggiunto alla corrente radente che nella stessa direzione cammina, non avrebbe soverchia velocità, e l'urto de' flutti fra loro non incomoderebbe di troppo l'entrata dei bastimenti nel porto-canale ;

e. Si acquisterebbe una comoda bocca per l'approdo e la partenza de' legni col maggior numero possibile de' rombi di vento ;

f. Che se in fine dall'esperienza venisse dimostrata più utile una minor larghezza a detta apertura, facile cosa sarebbe il restringerla, e senza verun inconveniente, perchè la proposta diga isolata è nella stessa direzione della diga principale (*).

dell'Istmo di Suez compilata e volta in nostra lingua dal chiarissimo professor Ugo Calindri, il dotto ed elaborato progetto *Linant-Mougel*. Torino 1856 pag. 107.

(*) È facile il vedere che questo restringimento può essere ottenuto o col prolungare la diga occidentale verso la isolata o questa verso quella, come anche è facile scorgere che se per avere una più vasta rada, e per meglio coprire la bocca del porto-canale fosse utile prolungar pure verso

Credo poi che non converrebbe lasciare più larga di 400 metri la proposta apertura, onde usare con vantaggio delle forze che la natura sviluppa nelle vicinanze di quelle dighe, in guisa da spazzare e convogliare verso destra, ossia all'est, i materiali ostruttivi che impedirebbero di avere a 2000 metri dalla riva il voluto fondo di acqua di nove metri. A raggiungere questo scopo, tende poi principalmente il proposto braccio dalla parte occidentale del porto-canale di sopra descritto.

I venti regnanti e dominanti in quel lido sono dall'ouest al nord-est, ed è da essi che deve esser coperta la bocca del porto-canale. Il ripetuto braccio, formando flutti riflessi, dovrà molto contribuire nel trasporto a destra degli infesti materiali, prendendo parte all'azione de' flutti diretti e di quelli riflessi dalla protrazione isolata che s'imboccherebbero nell'apertura. Nei fortunali, il braccio e la detta protrazione devono obbligare le linee de' flutti, comprese nella cinta di questi due ripari, a passare per l'apertura e sviluppare una corrente capace a scavare e non permettere la formazione o la consolidazione de' soliti banchi che coronano i porti-canali anche di acque chiare. Questo braccio, per la struttura del quale sarebbe preferibile quella quasi verticale, forma parte integrale del mio espediente. Senza di esso non si otterrebbe il regolare benefico spurgo da me annunziato, e tanto necessario alla bocca di un porto: dappoichè, il giuoco de' flutti, ossia l'effetto delle risacche sopra e sotto marine, prodotto dalle sole testate delle due dighe che costituiscono questa apertura, si limiterebbe a scavare delle profondi fosse alla base di dette testate, e nel mezzo dell'apertura, ed ivi presso, lascerebbe de' banchi nocivi alla libera navigazione, come è accaduto nei passi formati dalle opere avanzate ed isolate del porto di Cette, ed in quelli di altri porti situati in spiagge sottili.

Il braccio stesso servirebbe ancora a formare una vasta sentina, o ricettacolo, di materiali; i quali se dal medesimo non venissero tratti, sormonterebbero in molto minor tempo, e senza dubbio, la testata della grande diga occidentale, ed assalirebbero la bocca del porto-canale: ivi racchiusi potrebbero essere estratti, volendo, con minore spesa e minore incomodo che altrove.

l'alto mare la stessa diga isolata, potrà praticarsi qualunque prolungamento senza verun pregiudizio. Così il braccio se sarà una metà più lungo, di quello proposto, produrrà doppio utile effetto; ma non lo vorrei mai più lungo di 5 a 600 metri.

Termino su questo importantissimo oggetto, perchè esso è stato magistralmente trattato in tutte le parti principali dai chiarissimi ingegneri Linant-Bey e Mougel-Bey, e dalla Commissione e dal Paleocapa, restando solo da risolversi alcune *questioni affatto secondarie*, come saggiamente avverte quest'ultimo, fra le quali potrebbero entrare, secondochè a me pare, i provvedimenti di sopra accennati.

Di Livorno 29 settembre 1856.

ERRORI

CORREZIONI ED AGGIUNTE

Pag. 2 lin. 24	trasposto	trasporto
» 5 » 12	questa non pare;	di questa non pare specificata l'azione;
» 12 » 30	<i>che non sono</i>	<i>che sono</i>
» 17 » 31 e 37	Sponzillo	Sponzilli
» 19 » 3	e dalla pressione esercitata della massa ondeggiante e dalla	del volume della massa ondeggiante e della
» 23 » 13	della carena del medesimo	della carena del medesimo, ed in continuato movimento,
» 25 » 29	Ecco un esempio altrui senza citar quelli che mi sono personali.	Ecco tre esempi altrui senza citar quelli che mi sono personali. De Bougainville <i>en longeant la côte</i> all'est dello stretto delle isole Maluine, ove esiste un <i>tres-grand fond</i> di acqua, si trovò <i>dans une marée semblable à un ras</i> ; il mare, straordinariamente <i>houleuse</i> in uno spazio di oltre una mezza lega, <i>y brisait comme entre des bdtures</i> . Cook, entrando nello stretto di <i>le Maire</i> contro marea, soffrì de' flutti talmente elevati <i>che si sarebbe detto che essi urtavono sopra un banco di scogli. La prora del bastimento immergevasi sovente ed in guisa, che il bompresso accavasi sotto acqua.</i> Ed
» 32 » 33	<i>frais</i>	<i>frais e grand-frais.</i>
» 34 » 35	io non so concepire questa deficienza di attrito;	io non so concepire come, essendo pur piccolissimo l'attrito, possa aver luogo ritardazione di trasporto;
» 35 » 21	de' tratti	de' trattati
» 35 » 39		Bartolomeo Crescentio: <i>Nautica Mediterranea</i> (1607).
» 41 » 20	meno retto	meno retto ed a distanza più o meno grande dalla riva
» 42 » 12	più frequenti.	più frequenti. In seguito avrò occasione di fermarmi più a lungo su questo fenomeno.

» 43 » 17	<i>onde estintive</i>	<i>onde intestine estintive</i>
» 50 » 39	ove si decompone il suo movimento)	ove il suo movimento trova molto maggior resistenza e molto più disteso ostacolo)
» 51 » 21	si è perchè la seconda	si è perchè l'onda-marea
» 57 » 14	delle altre colonne	delle altre colonne d'acqua circovicine: e queste di mano in mano risultano dagli urti delle altre colonne
» 64 » 23	<i>la mer étant calme.</i>	<i>la mer était assez belle.</i>
» 67 » 36	s'innalsavano sul lido del mare	s'innalsavano, in un angolo formata da uno scoglio e da una porzione di diga,
» 73 » 11	una sbarra di ferro battuto C.	una sbarra pur di legno C
» » » 13	di ferro (D)	di ferro battuto (D)
» 93 » 11	le levantare,	le levantare ed i sciroccali,
» 109 » 14	<i>Dover bay.</i>	<i>Dover bay.</i> Londra 1846,
» 110 » 25		Bougainville (de): <i>Voyage autour du monde par la frégate du Roi la Boudeuse</i> ec. Paris, seconda edizione 1772 tom. primo pag. 67 e 68 (25).
» 111 » 33		Cook: <i>Voyage fait autour du monde dans les années 1768 a 1771.</i> Paris 1774 tom. quarto p. 6 e 7 (25). Citato da D'Urville nell'opera a suo luogo notata, tom. secondo pag. 192 (58).
» 112 » 5	<i>Dover bay.</i>	<i>Dover bay.</i> Londra 1846,
» 119 » 4	<i>on the harbour</i> ecc.	<i>on the harbour</i> ecc. 1846.
» » » 7	to minutes ecc.	to minutes ecc. che fa seguito al <i>Report on the harbour</i> ecc. 1846.
» 120 » 2	Report citato	<i>Report of the commissioners upon the subject of harbours of refuge.</i> London
» 120 » 2	<i>Report on</i>	<i>Report</i> (del 1846) on
» 120 » 30		Wilkes (Char.): <i>Narrative of the United States exploring expedition.</i> During the years 1838, 1839, 1840, 1841 e 1842. Philadelphia 1844 vol. 1, pag. 138 e 139 (58 e 59)-

IMPRIMATUR

Fr. Th. M. Larco O. P. S. P. A. M. Socius

IMPRIMATUR

Fr. A. Ligi Bussi Ord. Min. Conv. Archiep. Icon.

Vicesgerens.



FOLIO
QC211 .C5 1886
Cenni sul moto ondoso del mare e su
Kummet Library A006728



3 2044 032 827 651

**DO NOT REMOVE
FROM LIBRARY**

